

МСКТ-АНГИОГРАФИЯ В ДИАГНОСТИКЕ АНОМАЛИЙ РАЗВИТИЯ И ВАРИАНТОВ СТРОЕНИЯ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ

***М.Ф. Максудов** – к.м.н., зав.отделением лучевой диагностики¹
А.И. Икрамов – д.м.н., профессор, зав.кафедрой клинической радиологии²
Н.М. Джураева – к.м.н., зав.отд. КТ и МТР³
У.О. Хайдаров – врач отделения лучевой диагностики¹

¹СП ООО «Федорович клиникаси»

100007 Республика Узбекистан, г. Ташкент, проспект Амира Темура, 39

²Ташкентский Институт усовершенствования врачей

100007 Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Паркентская, 51

³АО «Республиканский специализированный

центр хирургии им. акад. В. Вахидова»

100115 Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Хичик Халка Йули, 10

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

- МСКТ коронарная ангиография
- аномалии коронарных артерий

РЕЗЮМЕ:

Цель: дать информацию о нормальной анатомии коронарных артерий, описать модели их аномального строения с помощью многослойной спиральной компьютерной ангиографии (МСКТ).

Материалы и методы: за 2011-2016 гг. в СП ООО «Fedorovich Klinikasi» произведено 1104 МСКТ-коронарографий. Возраст пациентов колебался от 7 до 82 лет. Число обследованных мужчин составило 790 (71,5%), женщин - 314 (28,5%). Исследование проводили на МСКТ Brilliance 64 и Brilliance i-CT 256 (PHILIPS).

Результаты: в 32 (2,9%) случаях у пациентов выявлялись анатомические варианты в виде конусной артерии, высокого отхождения коронарной артерии, «мышечных мостиков» и деформации правой КА в виде пастушьего посоха. У 23 (2%) пациентов наблюдались аномалии развития коронарных артерий (КА) в виде единственной коронарной артерии, отсутствия огибающей ветви, гипоплазии КА, внутрипредсердного расположения, аномалий отхождения от противоположного коронарного синуса Вальсальвы, отдельного отхождения ПМЖВ и ОВ от аорты, синдром Блант-Уайт-Гарланда, коронарные фистулы, аневризмы КА. При обнаружении у пациента аномальной коронарной артерии детально описывались место отхождения, распространения и соотношение ее со структурами сердца и магистральными сосудами.

Для цитирования: Максудов М.Ф., Икрамов А.И., Джураева Н.М., Хайдаров У.О. «МСКТ-ангиография в диагностике аномалий развития и вариантов строения коронарных артерий». «Журнал Диагностическая и интервенционная радиология». 2017, 11(3):25–35

MSCT CORONARY ANGIOGRAPHY IN THE DIAGNOSIS OF CORONARY ARTERY ANOMALIES AND ANATOMIC VARIATIONS

***Maksudov M.F.** – MD, PhD¹
Ikramov A.I. – MD, PhD, professor²
Djuraeva N.M. – MD, PhD³
Khaydarov U.O. – MD¹

¹Fedorovich clinicasi

39, Amir Temur avenue, Tashkent, Uzbekistan 100007

²Academician V. Vakhidov Republican specialized center, Tashkent, Uzbekistan

10, Kichik halka st., Tashkent, Uzbekistan 100115

³Tashkent Institute of Postgraduate Medical Education

51, Parkentskaya street, Tashkent, Uzbekistan 100007

KEY-WORDS:

- MSCT coronary angiography
- coronary artery anomaly

ABSTRACT:

Aim: was to give a literature review normal coronary anatomy, described patterns of anomalous coronary arteries by using multislice computed tomography (MSCT).

Materials and methods: 1104 computed tomography coronary angiography (CCTA) was made in «Fedorovich Clinicasi» for the period of 2011-2016. The age of patients ranged from 7 to 82 years. Men were 790 (71.5%), women - 314 (28.5%). The study was carried out on the multislice spiral CT scanners Brilliance 64 and Brilliance i-CT 256 (PHILIPS).

*Адрес для корреспонденции (Correspondence to): Максудов Музаффар Фатхуллаевич (Maksudov M.F.), e-mail: dr.mfmaksudov@gmail.com

Results. In 32 (2,9%) cases we detected anatomical variations as conus artery, high take-off of a coronary ostium, myocardial bridging, shepherd's crook deformation of right coronary artery. 23 (2%) patients had coronary artery anomaly (CAA) as a single coronary artery, absence of circumflex artery, hypoplasia of coronary artery, intra-atrial location, origin from the opposite coronary sinus of Valsalva, separate discharge of the LAD and circumflex from aorta, Blunt-White-Garland syndrome, coronary fistulas, aneurysms of coronary arteries. When a CAA is found, the exact origin, course and its position with other cardiac structures must be described in detail.

Введение

Аномалии коронарных артерий (АКА) представляют собой группу врожденных патологий, проявления и патофизиологические механизмы которых весьма разнообразны. Аномальное строение коронарной артерии (КА) встречается в сочетании с другими врожденными пороками сердца или в качестве изолированной патологии [1, 2].

Строение коронарного русла в норме весьма вариативно, поэтому термин «аномалия» принято относить к тем вариантам строения КА, которые встречаются в общей популяции с частотой около 1% [3, 4]. При рутинной аутопсии различные АКА выявляют в 1-2% случаев. Частота аномалий коронарного русла значительно выше у лиц молодого возраста, умерших внезапно – до 4-15% [5, 6].

Несмотря на то, что АКА встречаются редко, их обнаружение крайне важно, так как они могут привести к серьезному снижению перфузии миокарда и быть причиной боли в груди, аритмии и внезапной сердечной смерти [7]. В некоторых случаях АКА вызывают технические трудности при проведении коронарной ангиографии (КАГ) и хирургических вмешательств на КА или становятся причиной развития эндокардита.

Ранее данные аномалии могли быть описаны при проведении традиционной КАГ. В последние годы, благодаря революционным разработкам в получении медицинских изображений, АКА могут быть диагностированы неинвазивно, например с помощью МСКТ ангиографии [8-10].

В норме от восходящего отдела аорты отходят 2 коронарные артерии, кровоснабжающие все структуры сердца в пределах полости перикарда [11]. Устья КА обычно находятся в центральной части левого и правого синусов аортального клапана (рис. 1).

Левая коронарная артерия (ЛКА) отходит от левого коронарного синуса аорты в виде единого ствола различной длины и диаметра и разделяется на левую переднюю нисходящую (ПМЖВ) и левую огибающую (ОВ) ветви. ПМЖВ проходит вдоль передней межжелудочковой борозды, давая начало нескольким поверхностным (диагональным) и множественным глубоким (септальным перфорантным) ветвям, и обычно достигает верхушки сердца. У некоторых лиц диагональная ветвь начинается проксимальнее, так что от ствола ЛКА берут начало три сосуда вместо двух. В этом случае дополнительная артерия, отходящая от ЛКА между

ПМЖВ и ОВ, называется промежуточной ветвью (ramus intermedius). Эта артерия обеспечивает приток крови к передним отделам свободной стенки левого желудочка (ЛЖ). ОВ проходит в левой атриовентрикулярной борозде и обычно имеет одну или больше ветвей, достигающих тупого края сердца (артерия тупого края). ПМЖВ через диагональные ветви кровоснабжает переднюю стенку ЛЖ, через септальные перфорантные ветви – передние 2/3 межжелудочковой перегородки и обычно также верхушку через терминальные разветвления. ОВ обеспечивает кровоснабжение боковой и задней стенки ЛЖ через ветви тупого края. Правая коронарная артерия (ПКА) берет начало в правом коронарном синусе Вальсальвы и проходит в правой атриовентрикулярной борозде до места пересечения атриовентрикулярного кольца с задней межжелудочковой бороздой. Она кровоснабжает нижнюю (диафрагмальную) стенку ЛЖ, часто – заднюю 1/3 межжелудочковой перегородки, а также свободную стенку правого желудочка (ПЖ) через правожелудочковые ветви (артерии острого края). Нисходящая ветвь ПКА обеспечивает кровоснабжение 1/3 межжелудочковой перегородки в задних ее отделах. Заднебоковая ветвь ПКА отходит к самым базальным отделам заднебоковой стенки ЛЖ.

В зависимости от особенностей ветвления КА выделяют несколько типов кровоснабжения миокарда [1,12]. Левый тип характеризуется значительным преобладанием территории кровоснабжения сердца за счет левой КА, охватывающей левое предсердие и ЛЖ, межжелудочковую перегородку, заднюю стенку правого предсердия, большую часть задней и часть передней стенки ПЖ. При правом типе кровоснабжения сердца преобладающей является правая КА: она питает кровью все правое предсердие, большую часть передней и всю заднюю стенку ПЖ, задние две трети межжелудочковой перегородки, заднюю стенку левого предсердия и ЛЖ, а также верхушку сердца.

Между этими крайними типами имеется множество промежуточных форм кровоснабжения, среди которых более частой является сбалансированный, при котором обе КА имеют примерно одинаковые территории васкуляризации [4, 13].

Выделяют следующие виды врожденных аномалий коронарных сосудов [10]:

- аномалии отверстия;

- аномалии отхождения;
- аномалии дистального соединения;
- аномалии количества;
- аномалии хода (расположения).
- врожденные аневризмы КА

Помимо анатомической классификации, существует клиническая, согласно которой врожденные аномалии КА делят на гемодинамически значимые (большие) и незначимые (малые) [14].

Цель работы: дать информацию о нормальной анатомии КА, подробно описать распространенные варианты нормального строения и суммировать типичные модели аномалий развития КА с помощью многослойной компьютерной ангиографии.

Материалы и методы

В исследование были включены данные МСКТ-коронарографии 1104 пациентов, обследованных в нашей клинике за 2011-2016 гг. Большинство пациентов обследовалось в амбулаторном порядке. Возраст пациентов колебался от 7 до 82 лет. Число обследованных мужчин составило 790 (71,5%), женщин – 314 (28,5%). Всем пациентам перед МСКТ-ангиографией выполнена ЭКГ, биохимический анализ крови (мочевина, креатинин). Выявлены отсутствия противопоказа-

ний в виде аллергической реакции на йод в анамнезе, тиреотоксикоз, беременность. За 1-2 дня отменены гипогликемические оральные препараты (метформин и его аналоги).

Исследование проводили на многослойных спиральных томографах Brilliance 64 и Brilliance i-CT 256 компании PHILIPS. С толщиной среза 0,8-0,9 мм. Выполнялась модуляция дозы в соответствии с весом пациента (2010-2013 гг. - DoseRight, 2014-2016 гг. - iDose). У пациентов весом 70-80 кг вольтаж на трубке составлял 100-120 kV, ток 600-700 mAs. Через angiocath внутривенно болюсно вводилось йодсодержащее контрастирующее средство «Юнигексол 350» при помощи автоматического инжектора фирмы «Ulrich». Количество вводимого средства также зависело от веса пациента, и приблизительно составляло 1 мл/кг. До контрастного исследования всем пациентам производилось нативное (бесконтрастное) сканирование для определения степени кальциноза КА и клапанов сердца, для выявления патологических изменений средостения и легких.

Результаты и их обсуждение

В 32 (2,9%) случаях у пациентов выявлялись анатомические варианты, к которым относят конусную артерию, высокое отхождение КА, деформацию ПКА в виде пастушьего посоха с крючком (Shepherd's crook),

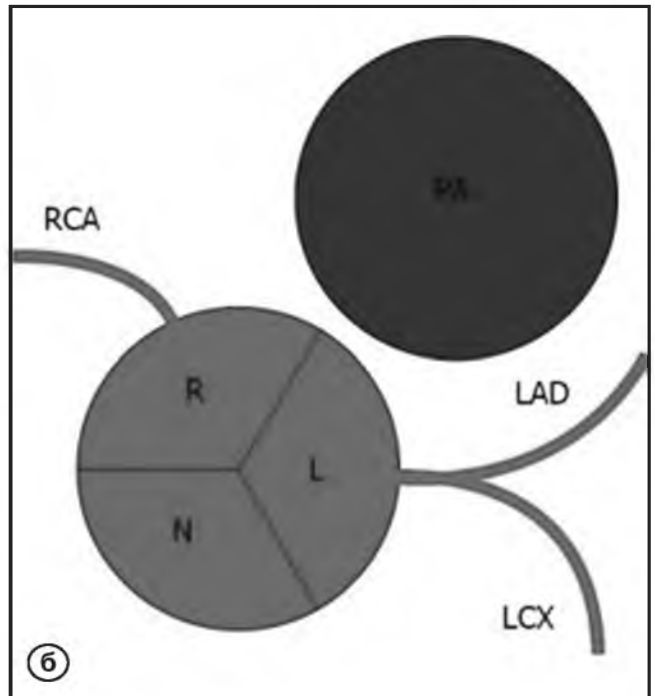


Рис. 1. Нормальное отхождение венечных артерий.
 а – МСКТ-ангиография, проекция максимальной интенсивности. Головка стрелки указывает на конусную ветвь, отдельно отходящую от правого коронарного синуса Вальсальвы.
 б – Схематическое изображение. RCA – правая коронарная артерия, LAD – ПМЖВ, LCX – огибающая ветвь, PA – легочная артерия.

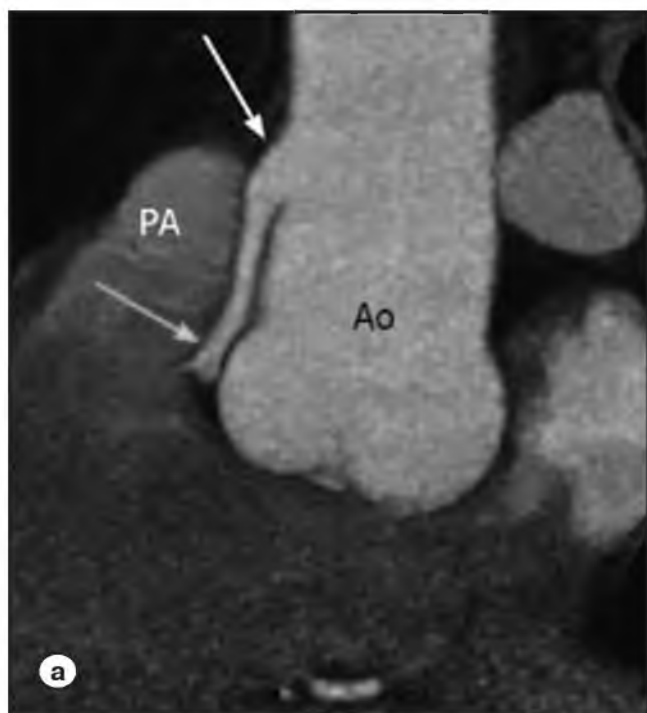


Рис. 2. Высокое отхождение правой коронарной артерии:
 а – Корональная проекция, МСКТ-ангиограмма.
 б – Объемная реконструкция.



Рис. 3. Деформация правой коронарной артерии в виде пастушьего посоха:
 а – Контурная реконструкция коронарного дерева.
 б – Реконструкция в виде коронарного дерева.

интрамуральный ход артерий («мышечные мостики»). Описанные анатомические особенности вызывают споры. Некоторые авторы относят их к малым аномалиям КА [14, 15].

Отхождение конусной артерии отдельным устьем встречалось в 5 случаях (**рис. 1**), указывалось в описательной части МСКТ-заключения и не выводилось в выводы.

Обычно оба коронарных отверстия лежат проксимально от зоны соединения, но иногда одно или оба отверстия могут занимать более высокое положение. В нашем наблюдении высокое расположение (на 25 мм) правой КА встречалось в 1 случае (**рис. 2**), высокое отхождение левой КА встречалось в 1 случае и высокое отхождение обеих КА у 1 пациента. При достаточно высоком расположении устья КА, она может быть в форме воронки и проксимальная часть последней распространяется вертикально и интрамурально в стенке аорты, что может осложнять коронарную катетеризацию. Выявление данной патологии важно также перед аортотомией. Более того, чем выше расположение устья КА, тем выше риск коронарной гипоперфузии, так как синусы Вальсальвы обеспечивают максимальную диастолическую коронарную перфузию [2].

Деформация ПКА в виде пастушьего посоха с крючком (Shepherd's crook) является относительно нередким

проявлением и встречалась в 3 наблюдениях (**рис. 3**). Как правило, КА расположены в эпикардальной клетчатке, но в некоторых случаях КА может распространяться внутримиекардиально на различном протяжении (**рис. 4**). Иногда эти мышечные перемычки становятся весьма выраженными и могут во время систолы сердца сдавливаться.

Есть основания полагать, что различной величины «мышечные мостики» в миокарде присутствуют практически у трети взрослых людей [16]. Хотя это, как правило, доброкачественная патология, она может ассоциироваться со стенокардией, инфарктом миокарда, желудочковой тахикардией и внезапной сердечной смертью [17, 18].

При значительном «мостике» на данном участке КА может не только полностью прекращаться антеградный кровоток в систолу, но и даже возникать ретроградный ток крови, что клинически проявляется выраженной ишемической симптоматикой. Кроме того, в сегменте артерии, сдавливаемом «мышечным мостиком», часто возникают повреждение и дисфункция эндотелия, формируются атеросклеротические бляшки и тромботические массы [5].

При проведенном нами анализе количество пациентов с выраженными мышечными перемычками составило 21%. У двоих из них при отсутствии атеросклеротиче-

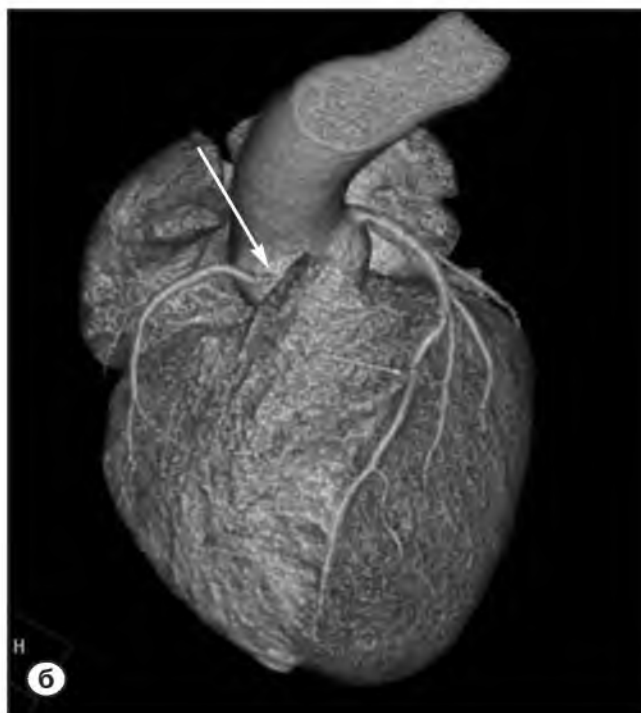


Рис. 4. «Мышечный мостик»:
а – 2D реконструкция на протяжении ПМЖВ.
б – Объемная реконструкция.

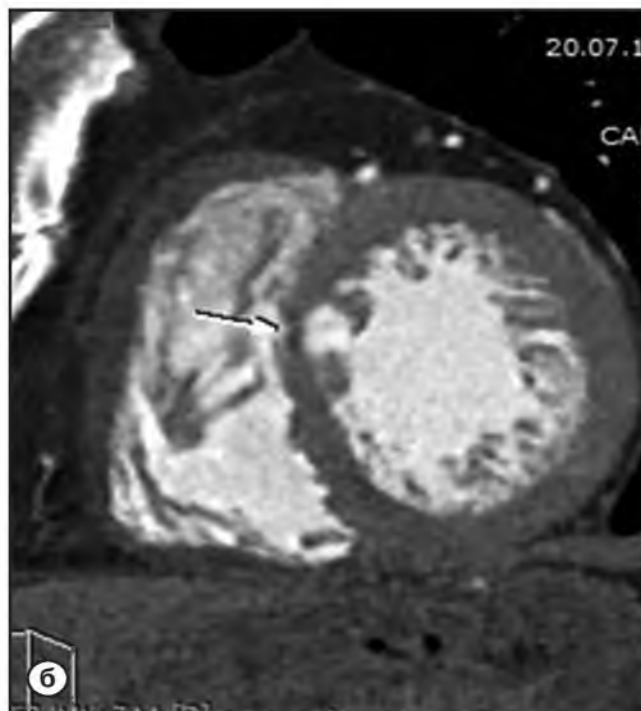


Рис. 5 а – 2D реконструкция на протяжении артерии. «Мышечный мостик». б – Изображение полостей сердца по короткой оси. Истончение переднеперегородочной стенки ЛЖ.

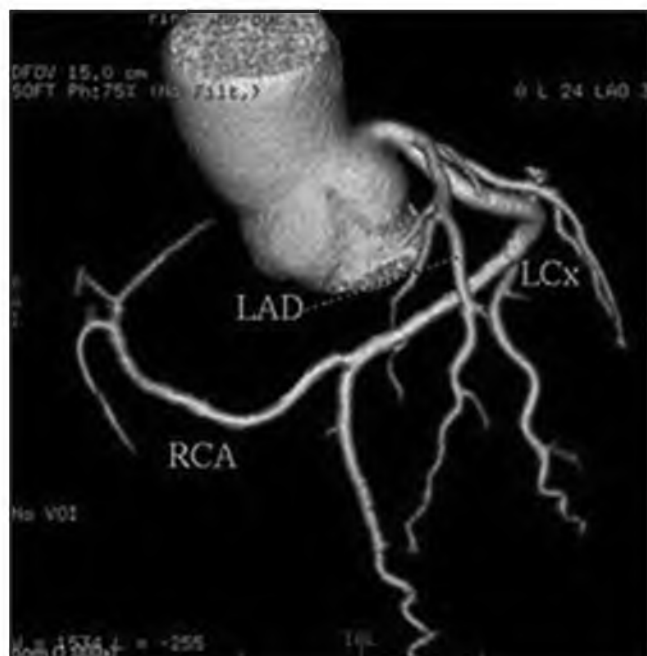


Рис. 6. Единственная левая коронарная артерия. Объемная реконструкция в виде коронарного дерева.



Рис. 7. Объемная реконструкция коронарного дерева. Отсутствие ОВ в левой атрио-вентрикулярной борозде (указано стрелкой). Краевые ветви берут начало от ПМЖВ и правой КА.



Рис. 8. Аномальное отхождение правой коронарной артерии от левого коронарного синуса Вальсальвы (указано стрелками):
а – МСКТ-ангиография, аксиальное изображение.
б – Объемная реконструкция.

ского поражения «мышечные мостики» явились причиной инфаркта миокарда с последующим истончением и фиброзом стенки ЛЖ (**рис. 5**).

Чрезвычайно редко (по литературным данным 0,03% коронарных аномалий) встречаются случаи единственной КА [19, 20]. Клиническая значимость этой аномалии до конца не ясна. Данная аномалия может сочетаться с ВПС, коронарными фистулами, двухстворчатым аортальным клапаном. Считается, что если нет дополнительных пороков развития, то функция сердца и вероятная продолжительность жизни при ней нормальны. В нашем наблюдении лишь в одном случае отмечалось наличие единственной ЛКА (**рис. 6**). При чем, ОВ кровоснабжала правые отделы сердца, огибая левое предсердие, правое предсердие, дистальный ее сегмент располагался между верхним краем ПП и восходящей аортой.

Случаев отхождения единственной КА от правого синуса Вальсальвы у наших пациентов не наблюдалось.

В одном случае наблюдалось отсутствие огибающей ветви, как следствие нарушения развития ее в левой атрио-вентрикулярной борозде (**рис. 7**). Питание её зоны осуществлялось за счет выраженных ответвлений от ПМЖВ. Хотя в литературе описано больше случаев питания зоны ОВ за счет супердоминантной правой коронарной артерии [2, 9].

У 5 пациентов определялась выраженная гипоплазия (диаметр менее 1 мм) ПКА, у 2 пациентов гипоплазия ОВ, причем протяженность данных артерий была невелика.

В единственном случае средний сегмент ПКА располагался внутри полости правого предсердия.

Наиболее частым видом аномалии отхождения являлось отхождение ПКА от левого коронарного синуса Вальсальвы – 5 случаев (**рис. 8**). В 2 наблюдениях ОВ отходила от правого коронарного синуса Вальсальвы (**рис. 9**). Аномальная артерия при этом может проходить между аортой и легочным стволом. В этом случае бывают приступы стенокардии, обмороки и даже внезапная смерть, которая может стать первым проявлением порока. Эти симптомы почти всегда возникают во время или сразу после значительной физической нагрузки.

У одной пациентки отмечалось распространение ПМЖВ от правого коронарного синуса, а ОВ от некоронарного синуса Вальсальвы (**рис. 10**). Причем у данной пациентки наблюдался ВПС в виде рудиментарного ЛЖ, атрезии левого атрио-вентрикулярного канала, дефекта межпредсердной и межжелудочковой перегородок, подклапанный стеноз легочной артерии.

В двух случаях ПМЖВ и ОВ отходили отдельными стволами от левого коронарного синуса Вальсальвы.

Синдром Блант-Уайт-Гарланда (отхождение коронарной артерии от легочной артерии) встречался у двух пациентов. В одном случае (возраст 9 лет) наблюдалось аномальное отхождение ПКА от ствола легочной артерии (**рис. 11**). В литературе данный вид аномалии встречался крайне редко 0,002% [21]. Несколько ее ветвей непосредственно дренировались в полость ПЖ

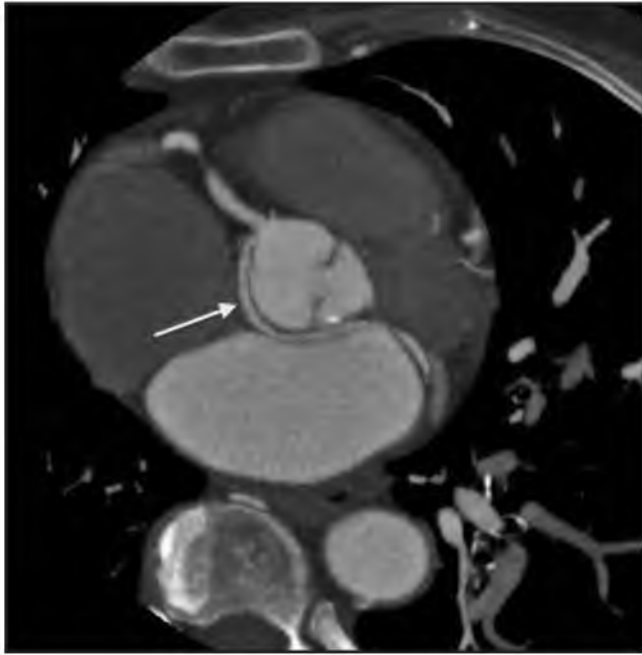


Рис. 9. Рис. 9. Аномальное отхождение ОВ от правого коронарного синуса Вальсальвы с ретроаортальным распространением.

(коронарно-правожелудочковые фистулы). КА были расширены и извиты, с наличием выраженных коллатералей. При данной аномалии кровь течет из левой коронарной артерии в правую через коллатерали, а затем в легочную артерию, о чем косвенно можно судить по одинаковой интенсивности контрастного накопления в полости ЛЖ и правой КА, и отличающейся яркости контрастирования легочной артерии.

У второго пациента, в возрасте 24 лет, отмечалось отхождение ЛКА от задней стенки ствола легочной артерии (**рис. 12**). Также у данного пациента наблюдались признаки расширения и извитости коронарных артерий, множественные коронарно-сердечные фистулы, гипертрофия миокарда ЛЖ.

Коронарные фистулы являются следствием соединения между коронарной артерией (или ее ветвью) с полостью сердца или магистральным сосудом. У 1 пациента наблюдалась коронарно-легочная фистула в виде отходящей от проксимального сегмента ПМЖВ извитой артерии, направляющейся вверх по передней поверхности корня легочной артерии и затем дренирующейся в нее. Данная артерия анастомозировала с артерией, начинающейся от устья правой коронарной артерии, образуя дугу в виде полукольца.

У двух пациентов наблюдались аневризмы КА. У одного из них отмечалось аневризматическое расширение



Рис. 10. а – 3D реконструкция сердца. ПМЖВ (стрелка) берет начало от правого коронарного синуса Вальсальвы. б – Реконструкция максимальной интенсивности. ОВ берет начало от некоронарного синуса Вальсальвы, визуализируется широкий ДМПП.

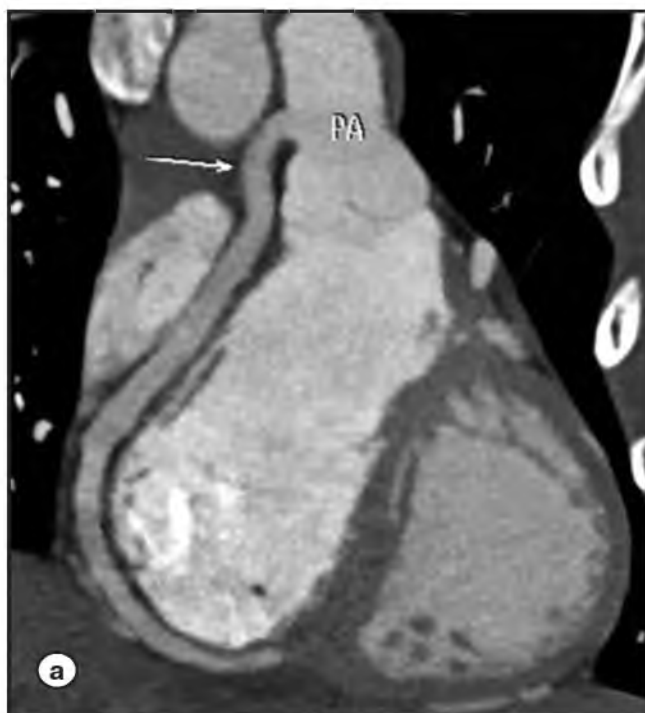


Рис. 11. Отхождение правой коронарной артерии от ствола легочной артерии (указано стрелкой):
 а - Проекция максимальной интенсивности, артерия на протяжении.
 б - Объемная реконструкция.



Рис. 12. Отхождение ПМЖВ от ствола легочной артерии, расширенная и извитая правая коронарная артерия (указанны стрелками).
 а - Проекция максимальной интенсивности.
 б - 3D реконструкция МСКТ сердца.

ствола, ОВ, устьев передней межжелудочковой и промежуточной ветвей ЛКА до 10 мм. У второго пациента выявлялось изолированные аневризматические расширения проксимального сегмента ПМЖВ и среднего сегмента ОВ до 9 мм.

При обнаружении у пациента АКА необходимо было детально описать место отхождения, распространения и соотношении ее со структурами сердца и магистральными сосудами.

Заключение

Выполнение МСКТ-ангиографии венечных артерий предполагает уточнение нормальной ангиоархитектоники и выявление различных случаев АКА. Традиционная КАГ до сих пор считается референсным стандартом в выявлении АКА. Однако, данная процедура инвазивна, а, следовательно, с риском возникновения осложнений, и позволяет получить лишь двухмерное представление о коронарной анатомии. КАГ, являясь люминографией, не позволяет оценить состояние стенок КА.

МРТ сердца, как неинвазивная методика, позволяет выявить аномалии отхождения КА, без ионизирующего излучения. Однако, в настоящий момент, неспособ-

ность МРТ сердца, из-за более низкого пространственного разрешения, визуализировать более мелкие коронарные ветви, является ограничивающим фактором для полной оценки КА с помощью данной методики.

МСКТ-коронарография на данное время рассматривается как диагностический стандарт для идентификации и визуализации АКА, обеспечивая наилучшую оценку состояния КА за счет пространственного и временного разрешения, контрастности изображения. Также следует учитывать такие отрицательные качества компьютерной томографии, как высокая доза облучения и применение рентгеноконтрастных средств.

Представленный материал не является исчерпывающим, однако мы попытались охватить широкий спектр анатомических вариантов и редких АКА, дать рекомендации на основе предыдущих клинических случаев, можно ли считать обнаруженную аномалию случайной находкой или рекомендуется наблюдение в динамике, возможно хирургическая коррекция. Разработки в сфере МСКТ ангиографии и более широкий доступ к современной визуализации сердца, несомненно, приведут к более глубокому пониманию нормального строения и патологии КА. ■

Список литературы/References

1. Белозеров Ю.М. Детская кардиология. М.: МЕД-пресс-информ. 2004;600.
2. Villa A., Sammut E., Nair A., Rajani R., Bonamini R. and Chiribiri A. Coronary artery anomalies overview: The normal and the abnormal. *World J Radiol.* 2016; 8(6): 537–555.
3. Braat H.J.M. A coronary anomaly. *Neth. Heart J.* 2007; 15:267–268.
4. Loukas M., Groat C., Khangura R. et al. The normal and abnormal anatomy of the coronary arteries. *Clin. Anat.* 2009; 22:114–128.
5. Cheitlin, Mac Gregor J. Congenital Anomalies of coronary arteries: role in the pathogenesis of sudden cardiac death. *Herz.* 2009; 34:268–279.
6. Ferreira M., Santos-Silva P.R., de Abreu L.C. et al. Sudden cardiac death athletes: a systematic review. *Sports Med. Arthrosc. Rehabil. Ther. Technol.* 2010; 2:19.
7. Frommelt P.C. Congenital coronary artery abnormal-

- ities predisposing to sudden cardiac death. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 2009; 32 63–66.
8. Целуйко В.И., Мишук Н.Е., Киношенко К.Ю. Аномалии строения коронарных артерий. *Диабет и сердце.* 2012; 0(166):44–51.
9. Tseluyko V.I., Mishuk N.E., Kinoshenko K.Yu. Anomalii stroeniya koronarnyh arteriy. [Coronary artery anomalies]. *Diabet i serdtse.* 2012; 10(166):44–51 [In Russ].
10. Angelini P. Coronary artery anomalies: an entity in search of an identity. *Circulation.* 2007; 115:1296–1305.
11. Angelini P. Coronary Artery Anomalies – Current Clinical Issues. Definitions, Classification, Incidence, Clinical Relevance and Treatment Guidedlines. *Tex. Heart Inst. J.* 2002; 29:271–278.
12. Chiu I.S., Anderson R.H. Can we better understand the known variations in coronary arterial anatomy? *Ann Thorac Surg.* 2012; 94:1751–1760.
13. Ватутин Н.Т., Бахтеева Т.Д., Калинкина Н.В., Перуева И.А. Врожденные аномалии коронарных артерий. *Сердце и сосуды.* 2011; 3:94–99.

Vatutin N.T., Bahteeva T.D., Kalinkina N.V., Perueva I.A. Vrojdennnye anomalii koronarnykh arteriy. [Congenital anomalies of coronary arteries]. *Serditse i sosudy*. 2011; 3: 94–99 [In Russ].

13. Hlavacek A., Loukas M., Spicer D. et al. Anomalous origin and course of the coronary arteries. *Cardiol. Young*. 2010; Vol.3:20–25.

14. Rigatelli G., Docali G., Rossi P. et al. Validation of a clinical-significance-based classification of coronary artery anomalies. *Angiology*. 2005; 56:25–34.

15. Joshi S.D., Joshi S.S., Anthavale SA. Origins of the coronary arteries and their significance. *Clinics (Sao Paulo)*. 2010; 65:79–84.

16. Young P.M., Gerber T.C., Williamson E.E., Julsrud P.R., Herfkens R.J. Cardiac imaging: Part 2, normal, variant, and anomalous configurations of the coronary vas-

culature. *AJR Am J Roentgenol*. 2011; 197:816–826.

17. Fujibayashi, Daisuke, Morino, Yoshihiro. A case of acute myocardial infarction due to coronary spasm in the myocardial bridge. *J. Invasive Cardiol*. 2008; 20: 217–219.

18. Morales A.R., Romanelli R., Tate L.G., Boucek R.J., de Marchena E. Intramural left anterior descending coronary artery: significance of the depth of the muscular tunnel. *Hum Pathol*. 1993; 24:693–701.

19. Roberts W.C. Major anomalies of coronary arterial origin seen in adulthood. *Am Heart J*. 1986; 11:941–963.

20. Yurtdaş M., Gülen O. Anomalous origin of the right coronary artery from the left anterior descending artery: review of the literature. *Cardiol J*. 2012;19:122–129.

21. Kuhn A., Kasnar-Samprec J., Schreiber C. Anomalous origin of the right coronary artery from pulmonary artery. *Int. J. Cardiol*. 2010; 39: 27–28.