

DOI: 10.24835/1607-0763-2018-2-25-46

Чреспищеводная эхокардиография: методика, показания, возможности

Кадырова М.В. *, Ильина М.В., Арбекова П.В., Степанова Ю.А.

ФГБУ "Институт хирургии им. А.В. Вишневского" Минздрава России, Москва, Россия

Transesophageal echocardiography: methodology, indications, opportunities

Kadyrova M.V. *, Ilyina M.V., Arbekova P.V., Stepanova Yu.A.

A.V. Vishnevsky Institute of Surgery, Moscow, Russia

При трансторакальной эхокардиографии можно, несомненно, увидеть многие патологии, однако в ряде случаев из-за анатомических и физиологических особенностей пациента (толстый слой подкожно-жировой клетчатки, большой размер грудных желез у женщин, заболевания легких, деформация грудной клетки и т.д.) все интересующие отделы сердца в полной мере исследовать невозможно. Использование чреспищеводного датчика позволяет преодолеть все эти трудности. В обзоре освещены методика, показания и возможности чреспищеводной эхокардиографии при основных заболеваниях сердца (ишемическая болезнь сердца, врожденные и приобретенные пороки сердца, аритмии) и острых патологических состояниях (острая диссекция аорты, воздушная эмболия).

Ключевые слова: чреспищеводная эхокардиография, ишемическая болезнь сердца, врожденные и приобретенные пороки сердца, аритмии, острая диссекция аорты, воздушная эмболия.

Ссылка для цитирования: Кадырова М.В., Ильина М.В., Арбекова П.В., Степанова Ю.А. Чреспищеводная эхокардиография: методика, показания, возможности. *Медицинская визуализация*. 2018; 22 (2): 25–46. DOI: 10.24835/1607-0763-2018-2-25-46.

With transthoracic echocardiography, many pathologies can certainly be seen, but in a number of cases, due to the anatomical and physiological characteristics of the patient (thick layer of subcutaneous fat, large breast size in women, lung disease, chest deformation, etc.) hearts can not be fully explored. The use of a transoesophageal sensor can overcome all these difficulties. The review highlights the methodology, indications, and possibilities of transesophageal echocardiogram in the main heart diseases (coronary heart disease, congenital and acquired heart defects, arrhythmias) and acute pathological conditions (acute dissection of the aorta, air embolism).

Key words: transesophageal echocardiography, ischemic heart disease, congenital and acquired heart defects, arrhythmias, acute dissection of the aorta, air embolism.

Recommended citation: Kadyrova M.V., Ilyina M.V., Arbekova P.V., Stepanova Yu.A. Transesophageal echocardiography: methodology, indications, opportunities. *Medical Visualization*. 2018; 22 (2): 25–46. DOI: 10.24835/1607-0763-2018-2-25-46.

Эхокардиография (ЭхоКГ) – метод ультразвуковой диагностики, направленный на исследование морфологических и функциональных изменений сердца (предсердий и желудочков) и его клапанного аппарата. Выделяют трансторакальную и чреспищеводную эхокардиографию (ЧП-ЭхоКГ) – эти два метода отлично дополняют друг друга. При стандартной трансторакальной ЭхоКГ ультразвуковой датчик через специальный гель контактирует напрямую с кожей пациента, помещаясь на переднюю поверхность грудной клетки. Ультразвуковой луч, прежде чем достигнет сердца, проходит через стенку грудной клетки и легкие [1–3].

При обычной (трансторакальной) ЭхоКГ можно, несомненно, увидеть многие патологии, однако в ряде случаев из-за анатомических и физиологических особенностей пациента (толстый слой подкожно-жировой клетчатки, большой размер грудных желез у женщин, заболевания легких, деформация грудной клетки и т.д.) все интересующие отделы сердца в полной мере исследовать невозможно. Использование чреспищеводного датчика позволяет преодолеть все эти трудности, так как на пути ультразвукового луча нет никаких препят-



ствий, потому что пищевод (куда вводится датчик) непосредственно прилежит к левому предсердию и нисходящему отделу аорты. Кроме того, существуют состояния, при которых ЧП-ЭхоКГ по своей разрешающей способности однозначно превосходит обычную трансторакальную ЭхоКГ. К ним относятся врожденные патологии сердца, в частности наличие сообщения между камерами сердца (например, дефект межпредсердной перегородки – ДМПП), патология клапанов, исследование протезированных клапанов, наличие образований и тромбов в полостях сердца [1, 2].

Из-за небольших размеров доступных ультразвуковых зондов научные клинические исследования были сконцентрированы на интраоперационном мониторинге (например, во время пункции межпредсердной перегородки), а также на оценке функции левого желудочка (ЛЖ) во время оперативных вмешательств [1].

Преимущества ЧП-ЭхоКГ в сравнении с трансторакальной ЭхоКГ [1]:

- отсутствуют ослабления ультразвукового сигнала грудной стенкой или легочной тканью;
- визуализация структур сердца, не распознаваемых при трансторакальном исследовании (например, грудная аорта, верхняя полая вена, ушки левого и правого предсердий);
- улучшение соотношения сигнал–шум позволяет визуализировать слабо отражающие структуры (например, внутрисердечные опухоли, тромбы);
- высокая частота ультразвукового луча с более высоким разрешением и лучшим распознаванием деталей;
- высокая чувствительность импульсного и цветового доплеровского исследования при анализе потоков во всех отделах сердца.

В 1968 г. С.С. Side и R.G. Gosling впервые соединили ультразвуковой датчик к гастроскопу

для получения информации о скорости кардиального кровотока с помощью постоянно-волнового доплера [4]. В 1972 и 1975 гг. последовали исследования на животных по изучению динамики потоков в грудной аорте и легочных артериях с использованием непрерывно-волновой доплерографии [5]. А в 1975 г. впервые был использован чреспищеводный доступ для исследования сердца с помощью импульсного доплера [1]. Первое применение чреспищеводного доступа для получения ультразвукового изображения ушка левого предсердия в М-режиме осуществили L. Frazin и соавт. в 1976 г. Они модифицировали эндоскопический датчик, присоединив к нему пьезоэлемент с частотой генерации ультразвуковых лучей 3,5 МГц [6]. Год спустя К. Hisanaga и соавт. получили изображение сердца в режиме реального времени при помощи одноэлементного ультразвукового датчика [7]. Дальше зона использования ЧП-ЭхоКГ расширяется и в 1980 г. М. Matsumoto и соавт. впервые применили его в операционных условиях для контроля функции ЛЖ [8].

И, наконец, в 1992 г. Американское общество эхокардиографистов обязало врачей ультразвуковой диагностики использовать ЧП-ЭхоКГ в кардиохирургической практике [6]. В России первыми применили этот новый метод О.Ю. Атьков и Д.М. Атауллаханова в ФГБУ РКНПК Минздрава РФ Институт клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова в 1989 г. [6].

При чреспищеводном эхокардиографическом исследовании частота ультразвукового луча должна быть не менее 5 МГц. И благодаря новейшим разработкам в технологии появились ультразвуковые датчики с частотой 9 МГц и более, которые позволяют достичь наилучшего разрешения и наибольшей детальности изображения. Размеры зондов по мере развития изменялись

Для корреспонденции*: Кадырова Мадина Валерьевна – 117997 Москва, ул. Б. Серпуховская, д. 27, Институт хирургии им. А.В. Вишневского. Тел.: +7-903-771-76-21. E-mail: kadirova@list.ru

Кадырова Мадина Валерьевна – канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения ультразвуковых методов диагностики и миниинвазивного лечения ФГБУ “Институт хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва.

Ильина Мария Викторовна – канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения ультразвуковых методов диагностики и миниинвазивного лечения ФГБУ “Институт хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва.

Арбекова Полина Владимировна – ординатор отдела лучевой диагностики ФГБУ “Институт хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва.

Степанова Юлия Александровна – доктор мед. наук, старший научный сотрудник отдела лучевой диагностики ФГБУ “Институт хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва.

Contact*: Madina V. Kadyrova – 119997 Moscow, Bolshaya Serpukhovskaya str., 27. A.V. Vishnevsky Institute of Surgery. Phone: +7-903-771-76-21. E-mail: kadirova@list.ru

Madina V. Kadyrova – cand. of med. sci., the senior research of Ultrasound Department of A.V. Vishnevsky Institute of Surgery, Moscow.

Mariya V. Ilyina – cand. of med. sci., the senior research of Ultrasound Department of A.V. Vishnevsky Institute of Surgery, Moscow.

Polina V. Arbekova – Ph-student of Radiology Department of A.V. Vishnevsky Institute of Surgery, Moscow.

Yulia A. Stepanova – doct. of med. sci., the senior research of radiology department of A.V. Vishnevsky Institute of Surgery, Moscow.

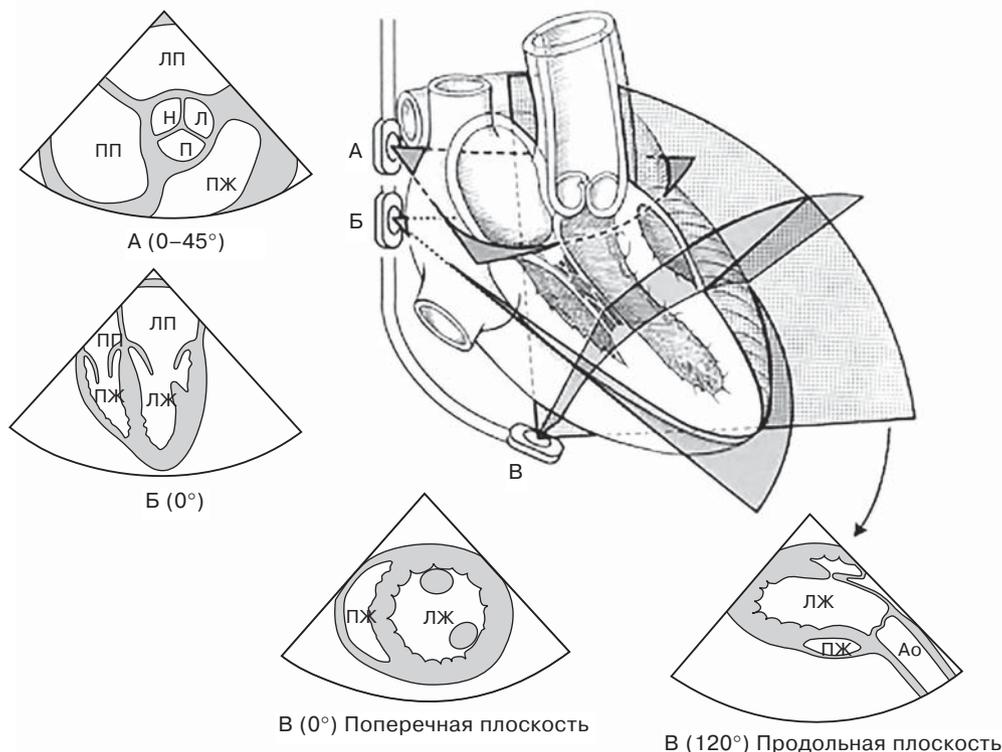
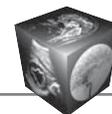


Рис. 1. Схематическое изображение, ультразвуковой датчик находится в среднепищеводном положении и позволяет увидеть поперечные срезы на уровнях. А – аортального клапана; Б – четырехкамерная позиция по длинной оси; В – левый желудочек по короткой оси. ЛП – левое предсердие; ПП – правое предсердие; Н – некоронарная створка; Л – левая коронарная створка; П – правая коронарная створка; ПЖ – правый желудочек; ЛЖ – левый желудочек; Ао – аорта (приведено по Перрино А.С., мл. и Ривза С.Т. [2]).

от 15 до 10–12 мм на современных датчиках. Причем чем меньше размер его, тем лучше переносимость пациентов во время исследования. А для применения в педиатрии были специально разработаны миниатюризированные эндоскопы уменьшенного диаметра, которые при частоте 7 МГц позволяют с высоким разрешением получить очень хорошую визуализацию анатомических структур сердца и доплеровских показателей. Но разработанные для педиатрической практики датчики в целях безопасности используются только у детей с массой тела меньше 20 кг [1].

В настоящее время большинство применяемых в клинике у взрослых пациентов чреспищеводных датчиков в основном являются многоплановыми. С помощью рукоятки эндоскопа оператор может изменять плоскость визуализации от 0° (поперечная плоскость) и до 180° с шагом 1°. Есть несколько правил ориентации в пространстве и построения изображения [2]. Первое гласит о том, что независимо от плоскости сканирования ультразвуковой луч проходит через пищевод и стенки, которые к нему прилегают (ближе всего к датчику), являются задними, а дальше от датчика – передними. А второе: ориентация относительно правой

и левой стороны зависит от степени ротации. Наиболее простой способ – это положить правую руку на грудь так, чтобы ладонь смотрела вниз, вытянутый большой палец направлен влево и кпереди, а остальные вправо и кпереди (рис. 1).

При таком положении принято считать, что плоскость сканирования располагается под углом 0°, а линии идут от мизинца и справа налево в направлении большого пальца (рис. 2, 3). Увеличение угла плоскости сканирования происходит по часовой стрелке. На данный момент существует 20 проекций, используемых в клинике для исследования пациентов с помощью чреспищеводного датчика.

Подготовка к ЧП-ЭхоКГ аналогична подготовке к гастроскопии: в течение 8 ч перед исследованием пациент должен отказаться от еды, а за 2 ч – от воды. Съемные протезы, если таковые имеются, должны быть удалены. Затем проводят местную анестезию глотки 10% аэрозолем лидокаина и больной укладывается на левый бок (рис. 4). Пациенту выдается одноразовый загубник, зажатый между зубами и губами, язык расположен под ним. При необходимости проведение ЧП-ЭхоКГ сердца делается под общим наркозом. Так обычно

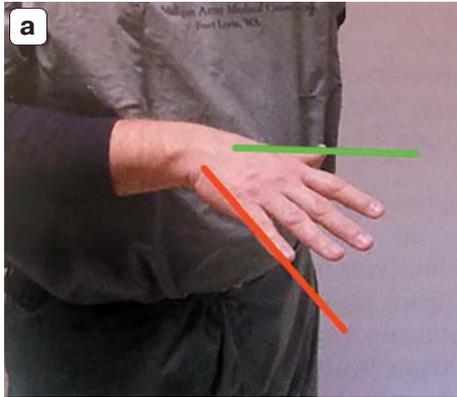


Рис. 2. Ориентация руки, соответствующая плоскости в 0° . Красные и зеленые линии на рис. а и б соответствуют друг другу (приведено по Перрино А.С., мл. и Ривза С.Т. [2]).

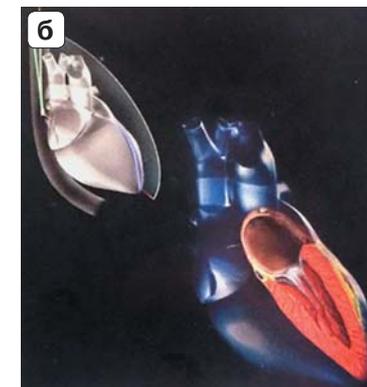
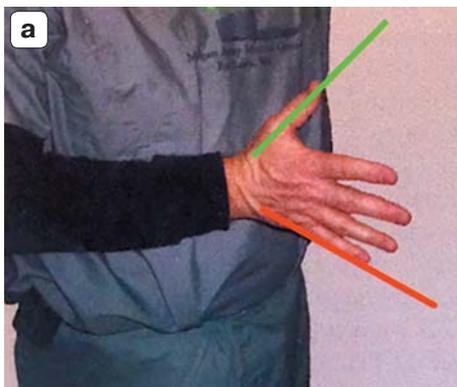


Рис. 3. Ориентация руки, соответствующая плоскости в 90° . Красные и зеленые линии на рис. а и б соответствуют друг другу (приведено по Перрино А.С., мл. и Ривза С.Т. [2]).



Рис. 4. Положение пациента во время проведения чреспищеводной эхокардиографии (пояснения в тексте).

происходит у пациентов с выраженным рвотным рефлексом, когда технически проведение датчика в пищевод невозможно. Введение самого чреспищеводного датчика проводится врачом-эндоскопистом. Время проведения исследования не

превышает 7–12 мин. Также пациент дает письменное согласие на проведение исследования, что означает его информированность о проведении данной процедуры и психологическую готовность к исследованию. На протяжении всего исследования происходит его цифровая запись [1].

После завершения исследования проводится очистка датчика. Сразу после извлечения его протирают марлевым тампоном, затем помещают в раствор глутаральдегида или в другой дезинфицирующий раствор (но следует учитывать, что глутаральдегид может вызывать аллергическую реакцию). Помещение, в котором проходит дезинфекция, должно быть обязательно проветриваемым. Рукоятка и элементы управления аккуратно протираются средством на основе этилового спирта. Датчик ни в коем случае нельзя протирать спиртосодержащими растворами, поскольку они могут проникать в него и повреждать систему [9].

Основными показаниями к ЧП-ЭхоКГ являются [1, 6]:

- выявление источника эмболий (тромбоз в ушке левого предсердия);



- оценка расположения, подвижности, структуры и размеров новообразований в сердце;
- диагностика эндокардита и его кардиальных осложнений;
- диагностика заболеваний аорты (расслоение аорты, аневризма, атерома аорты, атеросклеротические поражения и ее осложнения, оценка интрамуральных гематом);
- оценка состояния клапанного аппарата при приобретенных и врожденных пороках сердца, в том числе и перед операцией;
- оценка при врожденных пороках сердца, патологии межпредсердной и межжелудочковой перегородок;
- оценка анатомии коронарных артерий и диагностика их аномалий;
- внутриоперационный мониторинг;
- длительная лихорадка неясного генеза;
- оценка функции протезированных клапанов, трансплантированного сердца, проведенной клапаносохраняющей операции на сердце;
- оценка общей и локальной сократительной функции ЛЖ;
- определение выпота в полость перикарда, диагностика тампонады сердца.

Помимо основных показаний, существуют еще дополнительные задачи [1, 10–13]:

- интраоперационные задачи (хирургическое вмешательство на клапане сердца, выявление ишемии);
- интервенционные задачи (например, контроль положения окклюдера при ДМПП);
- экстренная диагностика (осложнение инфаркта миокарда, легочная эмболия, заболевания аорты);
- диагностика в отделениях интенсивной терапии;
- стресс-ЭхоКГ;
- трехмерная реконструкция;
- объемные процессы в области сердца;
- заболевания перикарда.

В связи с тем что датчик вводят непосредственно в пищевод пациента, то имеются и противопоказания к данной процедуре [6, 14]:

- постоянная форма мерцательной аритмии;
- атриовентрикулярная блокада II–III степени;
- пороки сердца с выраженным нарушением внутрисердечной и центральной гемодинамики;
- дилатация полостей сердца;
- аневризма сердца;
- острая стадия любого заболевания;
- заболевания пищевода (опухоль, дивертикулез, стриктуры, ахалазия, эзофагит в стадии обострения, варикозное расширение вен);

- артериальная гипертензия выше 220/120 мм рт. ст. вне криза и обострения;
- опухоли сердца (миксома);
- перикардит.

Нечасто, но в ходе исследования могут возникать осложнения, которые специалисты делят на две группы: большие и малые. К первой группе относятся смерть, разрыв пищевода, выраженный ларингоспазм или бронхоспазм, отек легких. К малым относятся: неукротимая рвота, боли в горле, охриплость, малые глоточные кровотечения, кровянистое слюноотделение, неустойчивая желудочковая тахикардия, брадикардия и/или внутрисердечная блокада, транзиторная гипотония, стенокардия, набухание паращитовидных желез, интубация трахеи [6].

Каждому пациенту, который приходит к специалисту ультразвуковой диагностики с жалобами на сердце или для госпитализации в больницу, делают вначале обычное трансторакальное исследование. И только после определенных показаний, о которых говорилось выше, ему может быть рекомендована ЧП-ЭхоКГ.

В некоторых клинических ситуациях нельзя ограничиваться только двухмерной ЭхоКГ, необходимо использовать дополнительные возможности ЧП-ЭхоКГ, к ним относят [15]:

- трехмерную реконструкцию данных, полученных при ЧП-ЭхоКГ;
- чреспищеводную стресс-ЭхоКГ – возможность диагностики переходящей ишемии миокарда и жизнеспособного миокарда, особенно когда нет трансторакального окна.

В зависимости от этиологии и морфологии изменений при отдельно взятых заболеваниях сердца имеются особенности применения ЧП-ЭхоКГ при различных нозологических формах. Целесообразно разобрать эти особенности раздельно.

ЧП-ЭхоКГ при ишемической болезни сердца

Использование ЧП-ЭхоКГ в клинике для выявления и мониторинга ишемии миокарда началось в 1980 г. [16]. ЧП-ЭхоКГ позволяет диагностировать и оценить степень ишемии миокарда с чувствительностью, намного превышающей у обычной торакальной ЭхоКГ, электрокардиографии, а также и у катетера в легочной артерии (рис. 5) [2].

Особое место в применении ЧП-ЭхоКГ нашла оценка ишемии миокарда в условиях операционной. Впервые в 2003 г. в НИИ трансплантологии и искусственных органов в России интраоперационная ЧП-ЭхоКГ стала частью анестезиологиче-

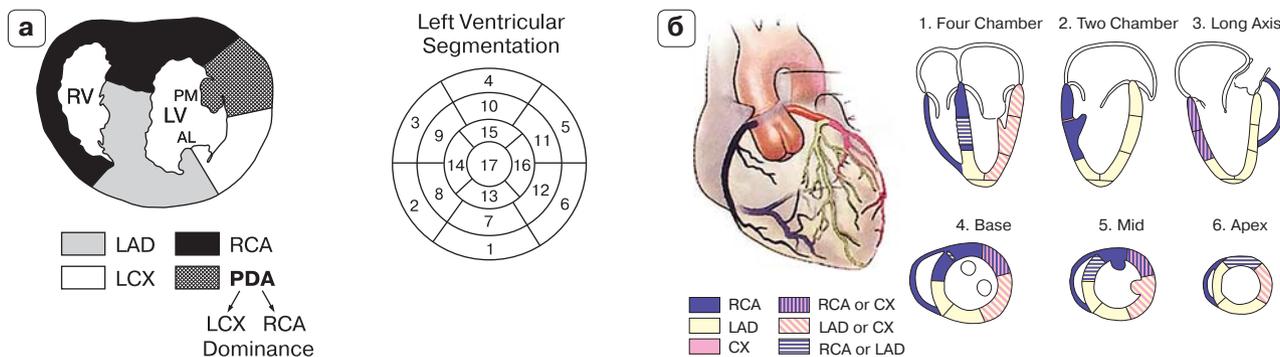


Рис. 5. Кровоснабжение правого и левого желудочков коронарными артериями. а – слева схема кровоснабжения левого и правого желудочков (RV – правый желудочек; LV – левый желудочек; PM – заднемедиальные папиллярные мышцы; AL – переднелатеральные папиллярные мышцы; LAD – левая передняя ветвь; LCX – левая огибающая артерия; RCA – правая коронарная артерия; PDA – задняя межжелудочковая артерия), справа деление левого желудочка на 17 сегментов (1 – basal anterior – базальный передний; 2 – basal anteroseptal – базальный передне-перегородочный; 3 – basal inferoseptal – базальный нижнеперегородочный; 4 – basal inferior – базальный нижний; 5 – basal inferolateral – базальный нижнебоковой; 6 – basal anterolateral – базальный передне-боковой; 7 – mid. anterior – средний передний; 8 – mid. anteroseptal – средний передне-перегородочный; 9 – mid. inferoseptal – средний нижнеперегородочный; 10 – mid. inferior – средний нижний; 11 – mid. inferolateral – средний нижнебоковой; 12 – mid. anterolateral – средний передне-боковой; 13 – apical anterior – верхушечно-передний; 14 – apical septal – верхушечно-перегородочный; 15 – apical inferior – верхушечно-нижний; 16 – apical lateral – верхушечно-боковой; 17 – apex – верхушечный); б – кровоснабжение левого и правого желудочков в четырех- и двухкамерной позиции, в парастеральной по длинной оси и в базальном, среднем и верхушечном сегментах (LAD – левая передняя ветвь; CX – огибающая артерия; RCA – правая коронарная артерия) (приведено по Oхon D.C. и Otto C.M. [17]).

ского обеспечения операций на сердце [18, 19]. Применение интраоперационной ЧП-ЭхоКГ оказалось полезным для определения показаний и противопоказаний к ранней активизации в операционной после реваскуляризации миокарда в условиях искусственного кровообращения [20]. Для этого необходимо оценить сократимость ЛЖ: оценить конечные систолический и диастолический объемы, фракцию изгнания ЛЖ, толщину задней стенки ЛЖ и толщину межжелудочковой пере-

родки. Данное исследование позволяет увеличить точность экспресс-диагностики острого инфаркта миокарда и помогает анестезиологу в его дальнейших действиях. Ведь любые нарушения локальной сократимости ЛЖ могут быть предвестниками тяжелых осложнений, таких как псевдоаневризма ЛЖ и образование тромбов в полости ЛЖ (рис. 6–8).

Значимыми предикторами длительной послеоперационной кардиотонической поддержки

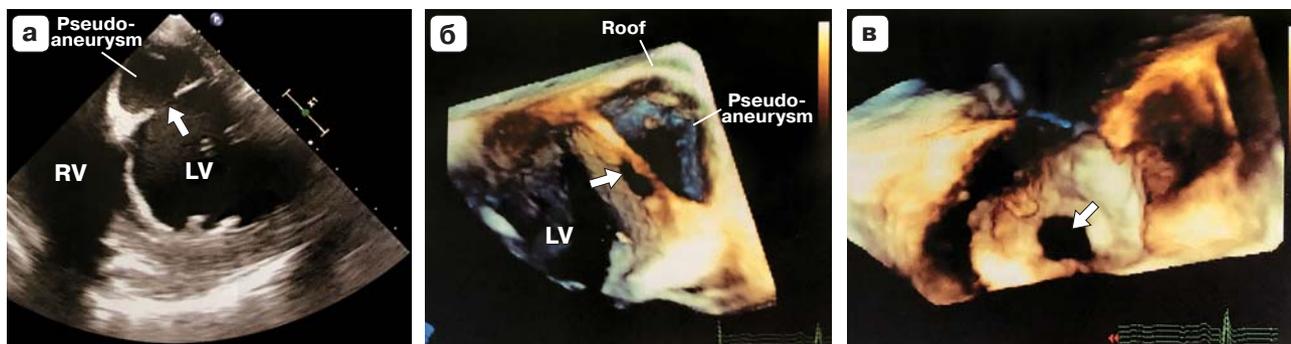


Рис. 6. Псевдоаневризма левого желудочка. а – ультразвуковое изображение псевдоаневризмы левого желудочка, полученное при помощи чреспищеводной эхокардиографии (RV – правый желудочек; LV – левый желудочек, стрелкой указан дефект стенки левого желудочка); б, в – 3D-модель дефекта нижней стенки левого желудочка с образованием псевдоаневризмы (LV – левый желудочек, стрелкой указан дефект стенки левого желудочка) (приведено по Oхon D.C. и Otto C.M. [17]).

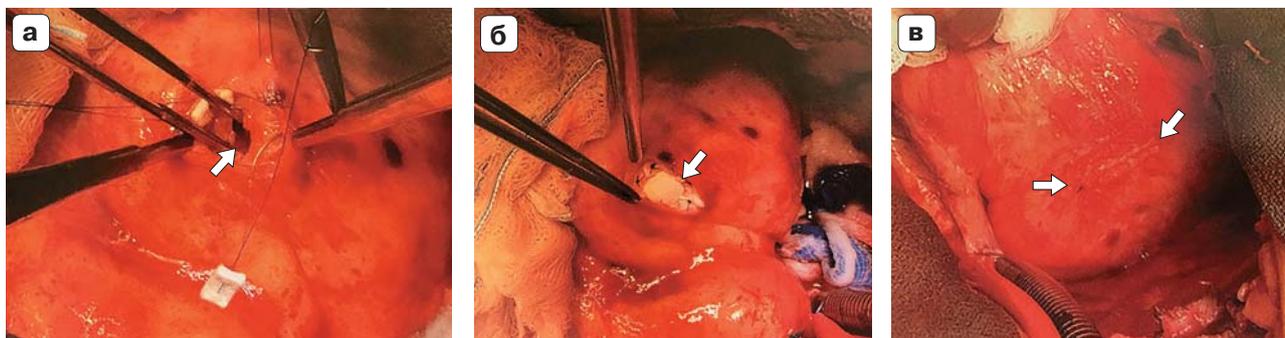
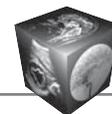


Рис. 7. Этапы ушивания дефекта нижней стенки левого желудочка (а–в, указано стрелкой) и закрытие псевдоаневризмы левого желудочка (приведено по Oхon D.C. и Otto C.M. [17]).

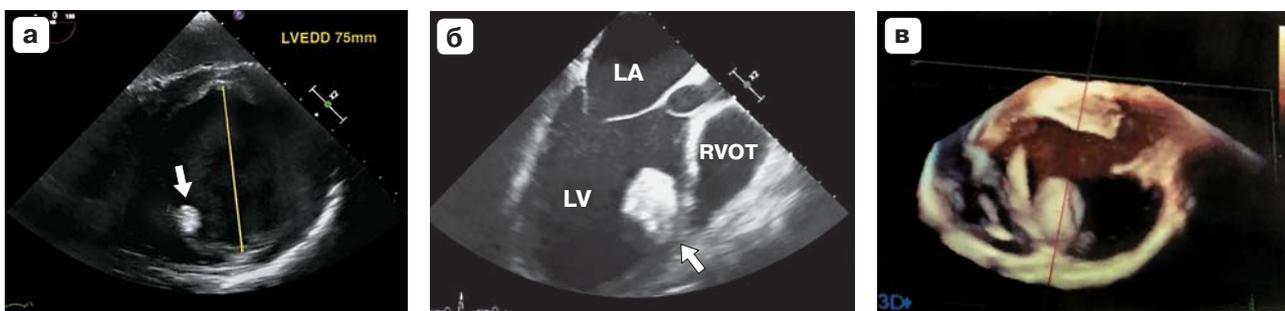


Рис. 8. Тромб в полости левого желудочка (указано стрелкой): эхографические изображения тромба в полости левого желудочка по короткой (а) и по длинной оси (б) (LVEDD – диастолический размер полости левого желудочка; LV – левый желудочек; LA – левое предсердие; RVOT – выводной отдел правого желудочка); в – построенная 3D-модель тромба в полости левого предсердия (приведено по Oхon D.C. и Otto C.M. [17]).

оказались увеличение частоты сердечных сокращений и снижение функции изгнания ЛЖ [19], поэтому ЧП-ЭхоКГ оказалась весьма эффективным методом оценки и прогнозирования тяжести расстройств сердечной деятельности. Использование этого метода способно улучшить результаты операции у больных ишемической болезнью сердца с высоким риском, дополняя интраоперационный мониторинг центральной гемодинамики.

По данным большинства авторов, периоперационный инфаркт миокарда остается наиболее грозным и распространенным осложнением коронарного шунтирования [21–23]. Таким образом, ЧП-ЭхоКГ является высокоэффективным диагностическим методом, позволяющим выявлять больных с нарушением систолической функции ЛЖ и диагностировать острую ишемию и инфаркт миокарда, что существенно повышает безопасность ранней активации в операционной больных после реваскуляризации миокарда.

ЧП-ЭхоКГ у пациентов с врожденными и приобретенными пороками сердца

ЧП-ЭхоКГ активно применяется при исследовании пациентов с различными заболеваниями клапанного аппарата и миокарда как в стационар-

ных условиях, так и в операционных [24–28]. Именно в операционных она выполняет свои основные задачи: уточнение диагноза на дооперационном этапе, оценка выполненного вмешательства, является неинвазивным методом мониторинга гемодинамики во время самой операции.

Оценка изменений клапанов включает [3]:

- эндокардические вегетации (рис. 9);
- оценку степени тяжести митральной регургитации;
- оценку структуры митрального клапана (перед вальвулопластикой и после нее);
- выявление двустворчатого аортального клапана;
- планиметрию аортального клапана при его стенозе.

Необходимость точных данных о размерах и функции митрального клапана подтолкнула исследователей к изобретению вспомогательного метода визуализации, каким является трехмерная (3D) реконструкция ультразвукового изображения. Появление новой 3D-реконструкции сердца с помощью чреспищеводного датчика [26] позволяет кардиохирургам взглянуть на митральный клапан не только со стороны ЛЖ (как при обычной двумерной визуализации), но и со стороны левого

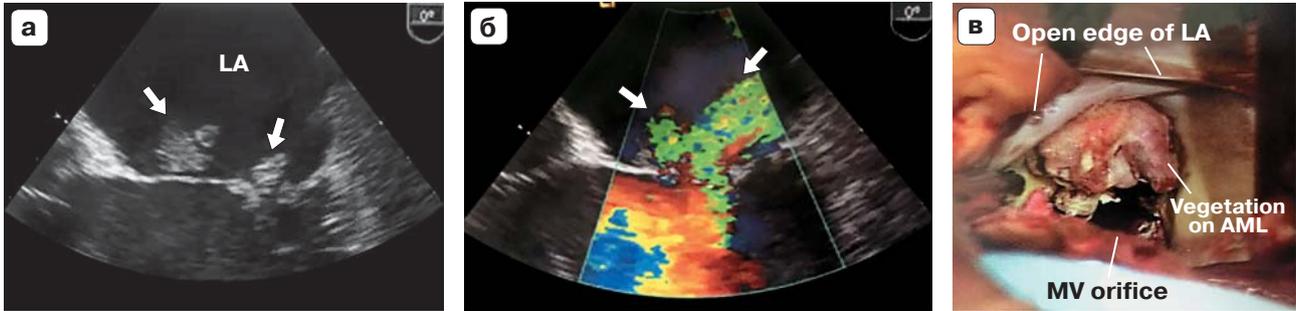


Рис. 9. Бактериальный эндокардит на митральном клапане. а, б – чреспищеводное эхокардиографическое исследование митрального клапана с бактериальным эндокардитом (указан стрелками) (LA – левое предсердие). При включении доплеровского сигнала на сонограмме б видна митральная регургитация; в – интраоперационное подтверждение эхографического заключения о бактериальном эндокардите на створках митрального клапана (Open edge of LA – открытая полость левого предсердия; MV orifice – отверстие митрального клапана; Vegetation on AML – вегетации на передней створке митрального клапана) (приведено по Oxon D.C. и Otto C.M. [17]).

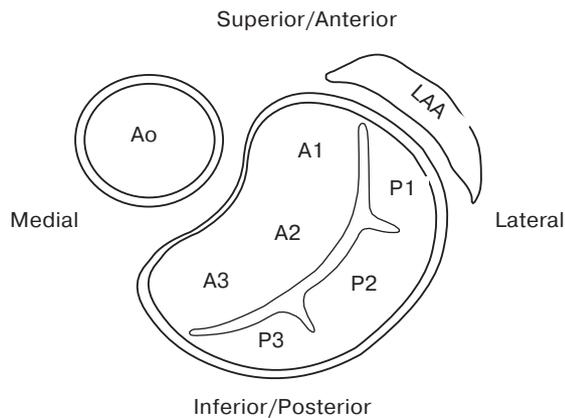


Рис. 10. Сегменты створок митрального клапана в соответствии с классификацией А.Ф. Сарпентьер и соавт. [29]. Схема эхокардиографического изображения митрального клапана в проекции по типу “рыбий рот” (Ao – аорта; LAA – ушко левого предсердия; P1–3 – три сегмента задней створки митрального клапана; A1–3 – три сегмента передней створки митрального клапана).

предсердия, как видит хирург во время операции (рис. 10). Именно 3D-модели клапанов и их составляющих (подклапанного аппарата, хорд и папиллярных мышц) помогают хирургу в принятии решения и точно провести операционные вмешательства без дальнейших осложнений.

Контроль состояния протезированных клапанов:

- парапротезная фистула;
- недостаточность протеза;
- обструкция/тромбоз протеза;
- дегенерация протеза;
- эндокардитическое поражение протеза (рис. 11).

С бурным развитием реконструктивных операций у пациентов с тяжелой митральной недоста-

точностью с начала 1970 г., хирургам необходимо было точно знать анатомию и функцию митрального клапана. В связи с этим в 2007 г. в 3D-ЭхоКГ получил широкое развитие метод MVQ (mitral valve quantification) (рис. 12) [24–28].

Он позволяет построить компьютерную модель митрального клапана, а также произвести точные расчеты площади митрального кольца, длины кооптации створок, соотношение плоскости смыкания створок с плоскостью фиброзного кольца, углов, образованных обеими створками митрального клапана и плоскостью фиброзного кольца, объем тентинга, высоту кольца митрального клапана, локализацию и высоту пролапса створки. Все эти данные, полученные из модели, помогают лучше понять механизм образования митральной регургитации и дают хирургу ценную информацию о проведении дальнейшей операции на митральном клапане. Данные литературы подтверждают эффективность этого метода в кардиохирургической практике. Так, A. Delabays и соавт. доказали, что метод MVQ помогает точно определить топику пролапса, а также оценить количественно пролабирующую область створок [25]. Также использование этой методики возможно при дегенеративных болезнях митрального клапана, при пороках митрального клапана ревматической этиологии, при кардиомиопатиях ишемического и неишемического генеза и т.д.

Применение интраоперационной 3D ЧП-ЭхоКГ и построение 3D-моделей митрального клапана помогают повысить диагностическую точность и выбрать хирургу оптимальную тактику лечения для каждого пациента, а также определить эффективность выполненного оперативного вмешательства (рис. 13).

Помимо использования метода MVQ, при построении 3D-модели митрального клапана

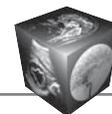


Рис. 11. Бактериальный эндокардит на механическом протезе митрального клапана. а, б – чреспищеводная эхокардиография пораженного механического протеза (LA – левое предсердие; Vegetation – вегетации; Mechanical leaflets – механический протез); в – удаленный хирургический препарат, стрелкой указаны вегетации (приведено по Oхon D.C. и Otto C.M. [17]).

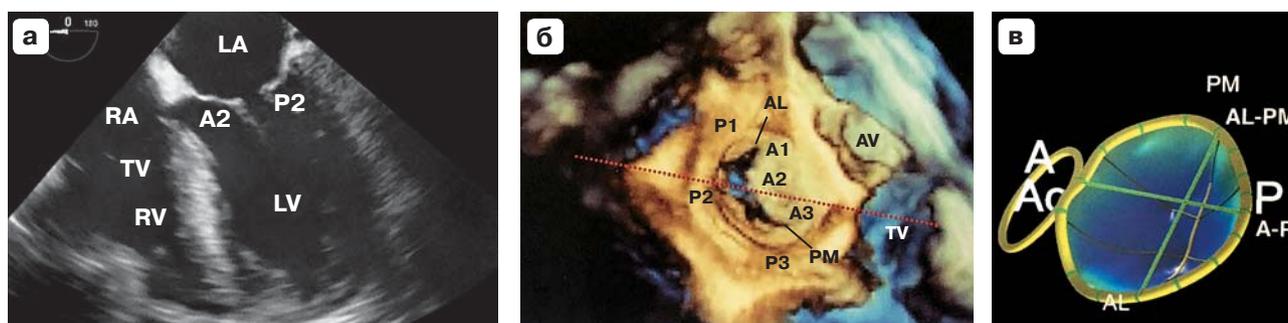


Рис. 12. Исследование митрального клапана и построенные его модели. а – чреспищеводная эхокардиография в двухмерном В-режиме (RA – правое предсердие; RV – правый желудочек; TV – трикуспидальный клапан; LA – левое предсердие; LV – левый желудочек; A2 – второй сегмент передней створки митрального клапана; P2 – второй сегмент задней створки митрального клапана); б – построение 3D-модели митрального клапана (P1–3 – три сегмента задней створки митрального клапана; A1–3 – три сегмента передней створки митрального клапана; PM – задне-медиальная комиссура; AL – переднелатеральные комиссура; AV – аортальный клапан; TV – трикуспидальный клапан); в – построенные модели митрального и аортального клапанов при помощи метода MVQ (A – передний край; P – задний край; AL – переднелатеральный край; PM – переднемедиальный край; A–P Diam – переднезадний диаметр; AL–PM Diam – переднелатеральный-заднемедиальный диаметр; Ao – аорта) (приведено по Oхon D.C. и Otto C.M. [17]).

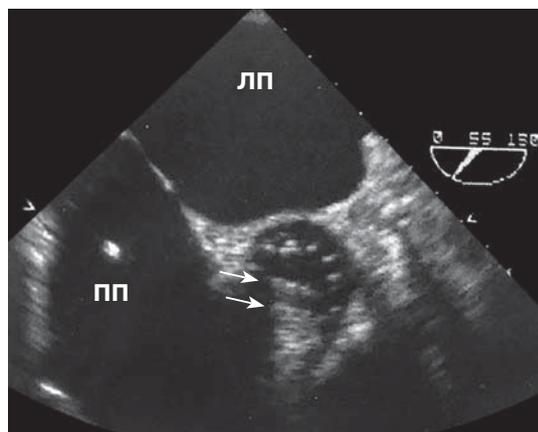


Рис 13. Двустворчатый механический протез (указан стрелками) в аортальной позиции, исследуемый при помощи чреспищеводного датчика (ПП – правое предсердие; ЛП – левое предсердие) (приведено по Перрино А.С., мл. и Ривза С.Т. [2]).

и оценке тяжести митральной регургитации используют измерения vena contracta и PISA (proximal isovelocity surface area) (рис. 14). Это методы, используемые для количественной оценки тяжести митральной регургитации, позволяющие рассчитать эффективную площадь отверстия и объем регургитации [28]. Vena contracta – это ширина струи митральной регургитации в месте ее формирования. При значении менее 3 мм считается незначительной, а при ширине более 6 мм – выраженной. Традиционный метод PISA предполагает, что струя регургитации имеет форму полушария, но зачастую это бывает не так: она может быть более сферическая при дегенеративных заболеваниях, а при функциональной митральной клапан приобретает удлиненную или эллиптическую форму. И при построении 3D-моделей эти количественные параметры бывают рассчитаны точнее

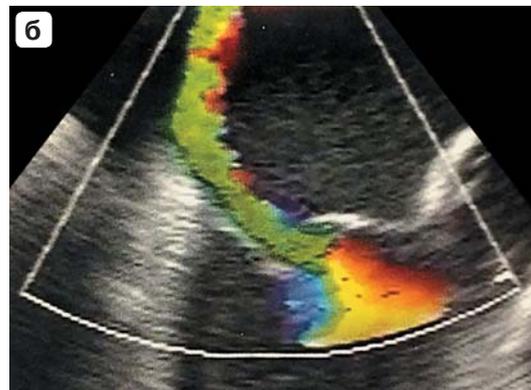
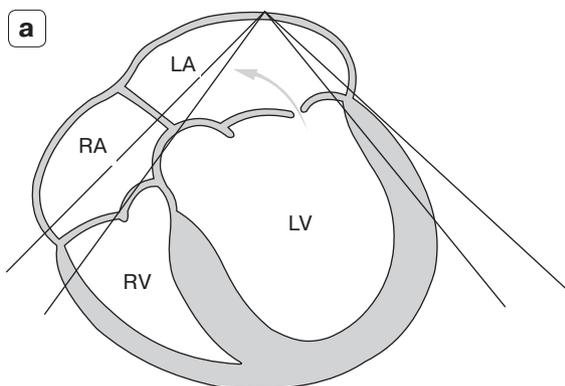


Рис. 14. Митральная регургитация. а – схема (RA – правое предсердие; LA – левое предсердие; RV – правый желудочек; LV – левый желудочек); б – измерение диаметра vena contracta (приведено по Hammer J.P.M. [30] и Перрино А.С., мл. и Ривза С.Т. [2]).



Рис. 15. Схематическое изображение дефекта межпредсердной перегородки (открытого овального окна).

для определения степени тяжести митральной регургитации, чем при 2D-модели.

Другой немаловажной областью применения 3D-ЧП-ЭхоКГ является диагностика врожденных пороков сердца.

При диагностике врожденных пороков сердца проводят:

- определение локализации и размеров ДМПП и дефекта межжелудочковой перегородки (ДМЖП);
- диагностику открытого овального окна;
- исследование дефектов венозного синуса;
- контроль после катетерных интервенций (закрытие ДМПП или открытого овального окна);
- поиск места аномального впадения легочных вен.

Одним из самых распространенных являются сообщения между полостями сердца, например ДМПП, ДМЖП, аномальный дренаж легочных вен.

Чаще всего среди врожденных пороков встречается ДМПП (рис. 15).

Отчетливое изображение дефекта можно получить при помощи именно ЧП-ЭхоКГ, так как датчик

располагается непосредственно рядом с дефектом (рис. 16). При этом можно точно определить локализацию, размеры дефекта, длину его краев, оценку гемодинамических характеристик потока через межпредсердную перегородку (рис. 17). Также благодаря ЧП-ЭхоКГ можно выбрать способ закрытия дефекта – с помощью открытой операции или с помощью рентгенохирургического вмешательства [1, 2, 26].

У больных с ДМПП следует внимательно рассмотреть место впадения 4 легочных вен, поскольку с этим дефектом нередко сочетается аномальный дренаж легочных вен [1]. Наиболее часто отмечается аномальный дренаж правой верхней легочной вены, которая впадает не в левое предсердие, а в верхнюю полую вену вблизи ее устья [31]. ЧП-ЭхоКГ помогает выявить, все ли легочные вены впадают в левое предсердие. Если имеет место необъяснимое расширение правых отделов сердца или не удастся визуализировать все 4 легочные вены, то стоит тщательнее исследовать верхнюю полую вену [32].

ДМЖП является наиболее часто встречающимся пороком сердца у детей, у взрослых он встречается гораздо реже (рис. 18). С помощью ЧП-ЭхоКГ можно так же, как и при ДМПП, оценить локализацию, размеры и распространенность дефекта (рис. 19). Также необходимо с помощью доплеровского исследования оценить гемодинамические показатели и давление в правом и левом желудочках (см. рис. 19, в) [2].

Для того чтобы при диагностике вышеперечисленных дефектов избежать ложноположительных результатов, следует применять 3D-метод построения моделей дефектов. Выполнение 3D-ЧП-ЭхоКГ не только уточняет необходимые данные, полученные при 2D-ЧП-ЭхоКГ, но и выявляет отношение дефектов к другим структурам сердца, которые

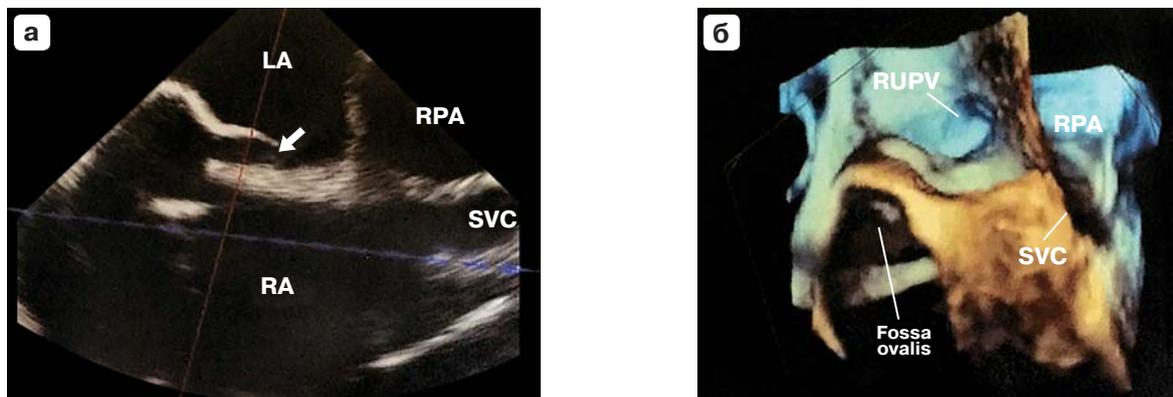
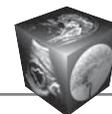


Рис. 16. Ультразвуковое исследование у пациента с открытым овальным окном. а – двухмерная чреспищеводная эхокардиография (LA – левое предсердие; RA – правое предсердие; RPA – правая легочная артерия; SVC – верхняя полая вена; стрелка – открытое овальное окно); б – построенная 3D-модель открытого овального окна (RPA – правая легочная артерия; SVC – верхняя полая вена; RUPV – правая верхняя легочная вена; Fossa ovalis – овальное окно) (приведено по Перрино А.С., мл. и Ривза С.Т. [2]).



Рис. 17. Двухмерная чреспищеводная эхокардиография у пациента с открытым овальным окном. а – исследование в В-режиме, стрелкой указано открытое овальное окно (LA – левое предсердие; RA – правое предсердие); б – цветное доплеровское исследование, показывающее направление тока крови из левого предсердия в правое; в – спектральное доплеровское исследование, указывающее на лево-правый сброс в систолу и диастолу (приведено по Перрино А.С., мл. и Ривза С.Т. [2]).

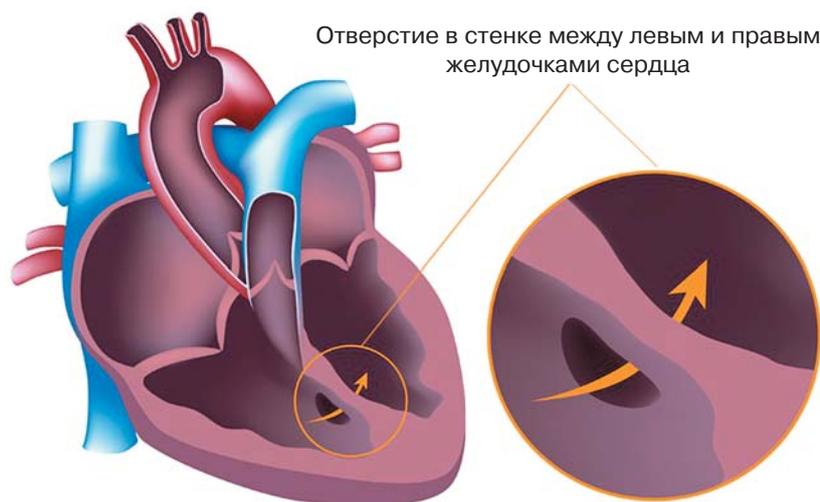


Рис. 18. Схематическое изображение дефекта межжелудочковой перегородки.



Рис. 19. Ультразвуковое изображение дефекта межжелудочковой перегородки (LV– левый желудочек , RV- правый желудочек). а – в В-режиме; б – исследование с помощью цветового доплера, показывающее направление сброса слева направо; в – спектральное доплеровское исследование, помогающее оценить давление в правом и левом желудочках (приведено по Охон D.C. и Otto C.M. [17]).

помогут избежать эхографических артефактов и в конечном итоге повлиять на ход операции. Например, при построении 3D-модели ДМПП визуализируется межпредсердная перегородка со стороны левого и правого предсердий, производятся оценка локализации дефекта, его максимального диаметра и формы, измерение его площади, определение краев до прилежащих внутрисердечных структур [24]. Все данные, полученные при 3D-построении дефекта, сравнивались с интраоперационными хирургическими и эндоваскулярными данными. Данные о размере и анатомии ДМПП хорошо коррелировались с результатами во время операции [24]. Поэтому 3D-ЭхоКГ позволяет оценить параметры, которые невозможно получить при 2D-ЧП-ЭхоКГ. Также важна тщательная постобработка данных, полученных при 3D-исследовании, и всесторонняя оценка ДМПП для исключения ложноположительного и ложноотрицательного результатов. В связи с этим 3D-реконструкция должна проводиться не только во время операционного вмешательства, но и на дооперационном этапе, который поможет в выборе тактики хирургического лечения больного. В дальнейшем на послеоперационном этапе ЧП-ЭхоКГ позволяет проконтролировать проведенное оперативное вмешательство, подтвердить отсутствие или наличие закрытого дефекта.

ЧП-ЭхоКГ у пациентов с аритмиями

Актуальным оказывается применение ЧП-ЭхоКГ у пациентов с аритмиями. У данной категории пациентов возникает нарушение диастолической функции ЛЖ, что может привести к дилатации левого предсердия. В связи с этим кровь застаивается в нем, что в свою очередь может привести к развитию спонтанного эхоконтрастирования (главный предиктор тромбообразования) и в ко-

нечном итоге к образованию тромбов в ушке левого предсердия (рис. 20–22). Ушко левого предсердия расположено за основными структурами сердца, поэтому его невозможно оценить при помощи трансторакальной ЭхоКГ, в этом случае спасает чреспищеводная. Для оценки выраженности феномена спонтанного контрастирования в левом предсердии применяются следующие критерии [33]:

- I степень – минимальное движение эхогенных частиц в ушке левого предсердия при усилении чувствительности ультразвукового сигнала;
- II степень – незначительное движение частиц, различных без усиления;
- III степень – эхогенный рисунок в виде водоворота в течение всего сердечного цикла;
- IV степень – медленный поток в виде водоворота в ушке или полости левого предсердия.

При оценке тромбообразования у больных с фибрилляцией предсердий необходимо оценить следующие параметры: скорость изгнания крови из ушка левого предсердия, размеры ушка левого предсердия, индекс объема левого предсердия, диастолическую функцию и фракцию выброса ЛЖ. Основным является первый параметр – скорость ушка левого предсердия, у здоровых людей она составляет 50 см/с. Если у больных с фибрилляцией предсердия величина этого показателя менее 25 см/с, то высок риск тромбообразования, а более 40 см/с – с длительным удержанием сердечного ритма после восстановления [33–37].

Если своевременно не определить наличие или отсутствие тромба или спонтанного эхоконтрастирования в ушке левого предсердия, то велик риск получить неожиданные эмболические осложнения на до- и послеоперационном этапе, которые являются важной медико-социальной проблемой [34].

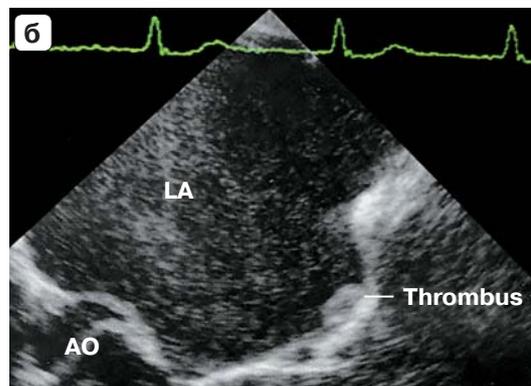
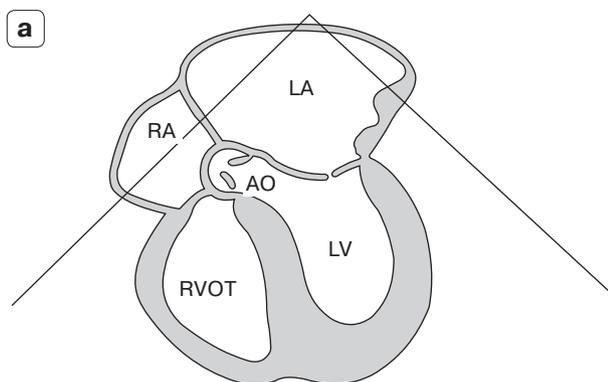


Рис. 20. Дилатация камер левого предсердия (а) с образованием тромбов в его полости (б). RA – правое предсердие; LA – левое предсердие; AO – аорта; LV – левый желудочек; RVOT – выводной отдел правого желудочка; TROMBUS – тромботические массы (приведено по Hammer J.P.M. [30]).

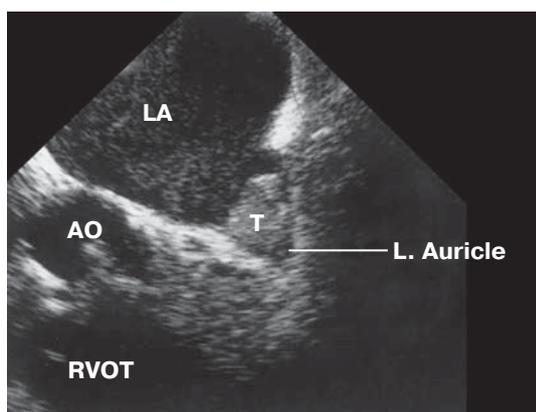


Рис. 21. Ультразвуковое изображение при чреспищеводном эхокардиографическом исследовании полости левого предсердия, в ушке которого располагается гиперэхогенный тромб. LA – левое предсердие; AO – аорта; L. AURICLE – ушко левого предсердия; RVOT – выводной отдел правого желудочка; T – тромб (приведено по Hammer J.P.M. [30]).

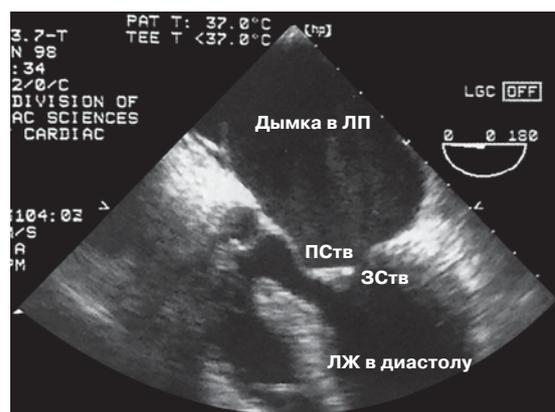


Рис. 22. Среднепищеводная пятикамерная проекция митрального клапана, демонстрирующая митральный стеноз с “дымкой”, т.е. спонтанное эхоконтрастирование в дилатированном левом предсердии. ЛП – левое предсердие; ПСтв – передняя створка митрального клапана; ЗСтв – задняя створка митрального клапана; ЛЖ – левый желудочек (приведено по Перрино А.С., мл. и Ривза С.Т. [2]).

ЧП-ЭхоКГ перед кардиоверсией является эффективным методом оценки степени риска возникновения тромбоэмболий [33]. Это помогает улучшить отбор пациентов, которым необходима антикоагулянтная терапия, и таким образом уменьшить частоту ишемического инсульта у пациентов с фибрилляцией предсердий. Основными преимуществами ранней кардиоверсии под контролем ЧП-ЭхоКГ являются уменьшение длительности существования аритмии до восстановленного ритма, частоты осложнений и рецидивов фибрилляции предсердий, а также длительности пребывания в стационаре.

Помимо двумерной визуализации в ЧП-ЭхоКГ используют тканевую доплерографию. Кривая движения стенки ушка левого предсердия является трехфазной, включает две положительные

волны (D1 и D2) и одну отрицательную (D3). Пик D1 формируется в раннюю диастолу, D2 – сокращение и D3 – расслабление ушка левого предсердия [33]. Уменьшение амплитуды движения стенок ушка левого предсердия считается косвенным признаком фиброза ушка левого предсердия, который может сыграть роль в возникновении аритмии.

Также новым методом, применяемым при ЧП-ЭхоКГ, является контрастное усиление ультразвукового изображения. Его применяют при выраженном спонтанном контрастировании и наличии артефактов ЧП-ЭхоКГ. Использование контраста, проходящего через легочные капилляры, позволяет уменьшить количество артефактов от движущихся структур и улучшить визуализацию камер сердца [33, 38].

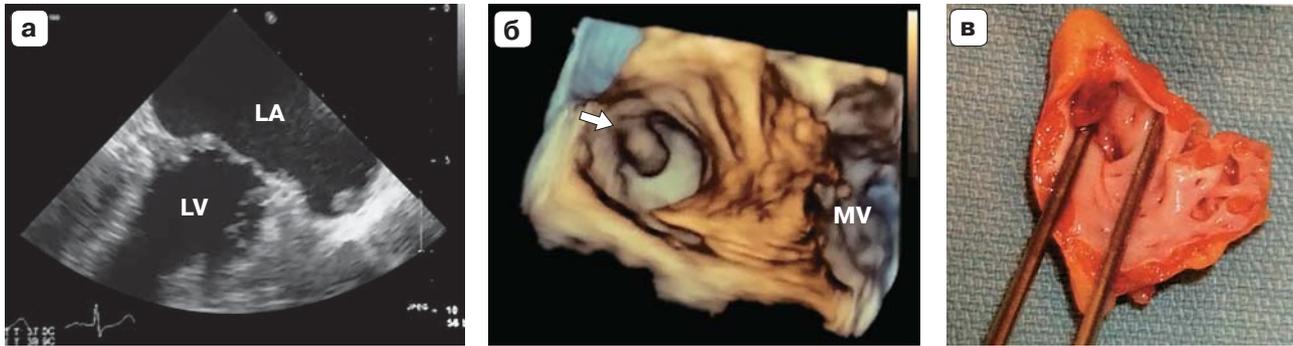


Рис. 23. Тромб в ушке левого предсердия у пациента с мерцательной аритмией. а – чреспищеводная эхокардиография в двухкамерной позиции (LA – левое предсердие; LV – левый желудочек; стрелка – тромб в ушке левого предсердия); б – 3D-модель ЧП-ЭхоКГ у того же пациента (MV – митральный клапан; тромб в ушке левого предсердия); в – препарат удаленного ушка с тромбом в его полости (приведено по Oхon D.C. и Otto C.M. [17]).

Методика 2D-ЧП-ЭхоКГ имеет ряд ограничений, связанных со сложной структурой ушка левого предсердия, таких как мультилобулярность, спиральная главная ось и т.д. [33]. Поэтому перспективы развития ЧП-ЭхоКГ связаны с 3D-визуализацией сердца, которая более точно обеспечивает оценку морфофункциональных особенностей ушка левого предсердия (рис. 23). При сравнении 2D- и 3D-ЭхоКГ было выявлено, что трехмерная позволяла избежать ошибок и точнее измерить скорость изгнания крови из ушка левого предсердия.

ЧП-ЭхоКГ при диагностике неотложных состояний

Нестабильная гемодинамика является важным показателем для проведения чреспищеводного эхокардиографического исследования в отделении интенсивной терапии. Установка катетера в легочной артерии требует времени и не всегда дает точные результаты, а данные физикального осмотра скупы. Поэтому основной задачей ЧП-ЭхоКГ при неотложных состояниях является оперативная оценка структурных и функциональных нарушений сердца и крупных сосудов. Показаниями к проведению ЧП-ЭхоКГ в отделении интенсивной терапии являются [1]:

- оценка функции ЛЖ;
- нестабильная гемодинамика;
- оценка функции клапанов;
- подозрение на эндокардит;
- выявление источника системной эмболии;
- выявление эмболов в легочной артерии;
- осложнение инфаркта миокарда;
- выпот в перикарде;
- исследование доноров при трансплантации сердца;
- коррекция гемодинамики;
- исследование при травме грудной клетки.

Все это отражено в рекомендации GACVI.

При исследовании пациентов, у которых необходимо точно и четко определить серьезные повреждения аорты, отдают предпочтение ЧП-ЭхоКГ. Критерии оценки аорты [3]:

- измерение степени расширения аорты;
- диагностика расслоения аорты;
- диагностика интрамуральных гематом;
- диагностика атеросклероза или атеромы аорты.

Существенный плюс ЧП-ЭхоКГ – это то, что аорту можно увидеть на всем протяжении, в отличие от обычной трансторакальной ЭхоКГ, при которой видны только восходящий отдел, дуга аорты и иногда часть нисходящего отдела.

Расслоение стенки аорты является наиболее часто встречающимся заболеванием грудной аорты, представляющим угрозу жизни больного (рис. 24) [1].

Факторами, предрасполагающими к расслоению, являются артериальная гипертензия, синдром Марфана, стеноз перешейка аорты, двустворчатый аортальный клапан и состояние после протезирования аортального клапана [40–44]. Чувствительность трансторакальной ЭхоКГ при расслоении аорты составляет менее 80% [45, 46]. Поэтому при подозрении на расслоение аорты следует выполнить чреспищеводное исследование. Стоит иметь в виду, что при введении чреспищеводного датчика у пациента может повыситься артериальное давление, приводящее к разрыву аорты [47]. В связи с этим рекомендуется давать седативные и антигипертензивные препараты. По данным многочисленных исследований [48–54] чувствительность ЧП-ЭхоКГ достигает более 95%, а специфичность – более 90%. В таблице представлено сравнение различных методов диагностики при острой диссекции аорты в зависимости от предполагаемой области поражения [55].

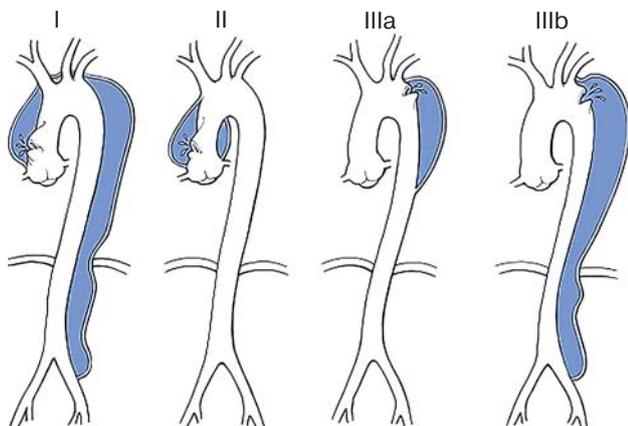
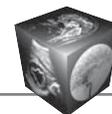


Рис. 24. Классификация расслоения аорты по М.Е. DeVakey и соавт. [39]: тип I – разрыв интимы находится в восходящей аорте, расслоение распространяется на дугу и часто дистальнее (грудной и брюшной отделы аорты, вплоть до подвздошных артерий); тип II – разрыв интимы локализуется в восходящей части аорты, редко достигая устья брахиоцефального ствола, расслоение ограничено только восходящей аортой; тип III – разрыв интимы локализуется в нисходящей грудной аорте, расслоение распространяется чаще антеградно дистально, по нисходящей аорте на различном протяжении с вовлечением или только всего грудного отдела (тип IIIa) и/или грудного и брюшного отделов вплоть до подвздошных артерий (тип IIIb), крайне редко – ретроградно на дугу и восходящую аорту.

При исследовании в просвете аорты будет виден отслоившийся внутренний слой – разделительная мембрана между истинным и ложным просветом (рис. 25). Также в большинстве случаев расслоение аорты сопровождается аортальной недостаточностью, степень и причину которой можно с высокой точностью определить при помощи ЧП-ЭхоКГ (рис. 26). Помимо постановки диагноза, можно оценить и последствия хирургического вмешательства по коррекции данной патологии.

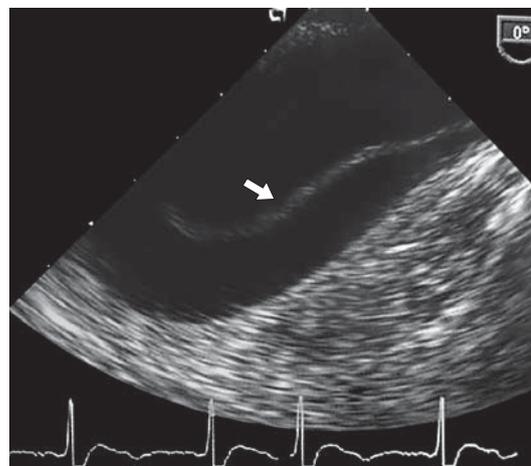


Рис. 25. Ультразвуковая картина расслоения аорты (указано стрелкой), полученная при помощи чреспищеводной эхокардиографии (приведено по Oхон D.C. и Otto C.M. [17]).

В литературных источниках интрамуральную гематому рассматривают как предшественницу расслоения аорты или как ее разновидность [56, 57]. Кровотечения в *media* происходят из разорвавшихся *vasa vasorum*, сопровождаются примерно 19% случаев расслоения стенки аорты [1]. В большинстве случаев интрамуральная гематома располагается в нисходящем и восходящем отделах аорты. Зачастую она сопровождается экстравазацией в полость перикарда, плевральную полость или средостение. При этом будут наблюдаться следующие эхопризнаки: появление боли в этих областях, серповидное утолщение стенки аорты более 7 мм в поперечном срезе, центральное перемещение очагов обызвествления интимы [1].

Еще одним неотложным состоянием, связанным с аортой, является ее разрыв. Он может встречаться при политравмах, например после автомобильной аварии. Чувствительность и специфич-

Диагностическая ценность различных методов визуализации при острой диссекции аорты

Область поражения	Тг-ЭхоКГ	ЧП-ЭхоКГ	КТ	МРТ
Диссекция восходящей аорты	++	+++	+++	+++
Диссекция дуги аорты	+	+	+++	+++
Диссекция нисходящей аорты	+	+++	+++	+++
Размер	++	+++	+++	+++
Пристеночный тромб	+	+++	+++	+++
Интрамуральная гематома	+	+++	++	+++
Пенетрация атеросклеротической бляшки	++	++	+++	+++
Вовлечение в процесс ветвей аорты	+	(+)	+++	+++

Примечание. +++ – хорошая; ++ – умеренная; + – слабая; (+) – слабая и непостоянная; КТ – компьютерная томография; МРТ – магнитно-резонансная томография; Чп-ЭхоКГ – чреспищеводная эхокардиография; Тг-ЭхоКГ – трансторакальная эхокардиография.

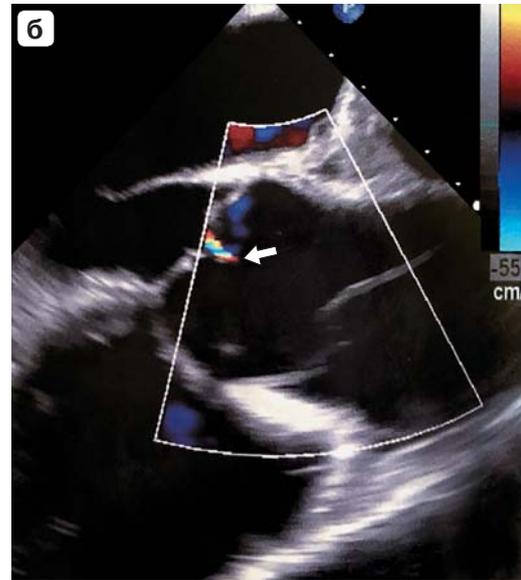
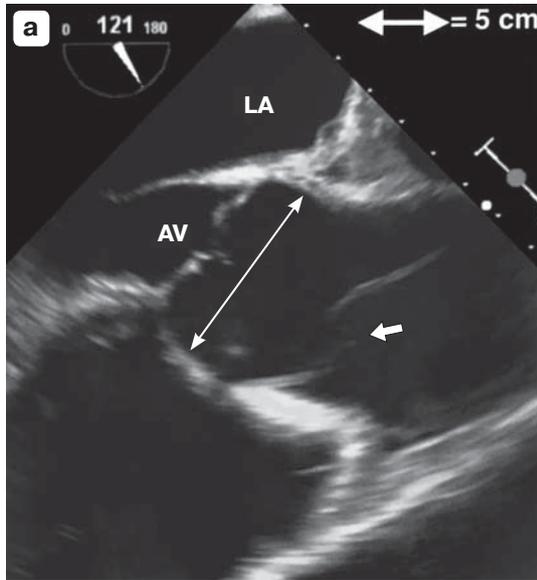
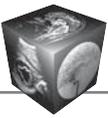


Рис. 26. Аневризматическое расширение восходящего отдела аорты. а – диаметр 5 см, стрелкой указано расслоение стенки аорты (AV – аортальный клапан; LA – левое предсердие); б – стрелкой указана аортальная регургитации (приведено по Oхon D.C. и Otto C.M. [17]).

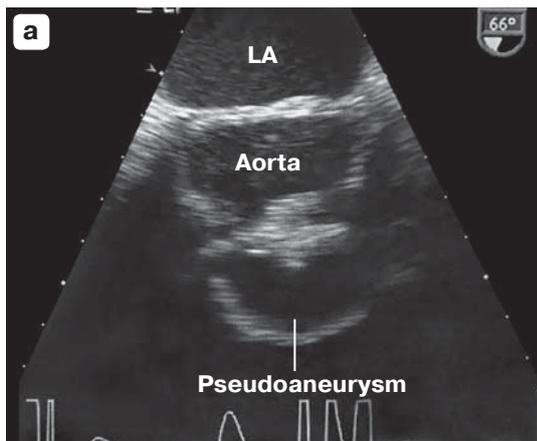


Рис. 27. Чреспищеводное исследование аорты и ее псевдоаневризмы (а) (LA – левое предсердие; Aorta – аорта; Pseudoaneurysm – псевдоаневризма); б – при доплеровском картировании виден дефект стенки (стрелка) с затеканием крови в полость псевдоаневризмы (LA – левое предсердие) (приведено по Oхon D.C. и Otto C.M. [17]).

ность ЧП-ЭхоКГ составляют при этом заболевании более 95% [1, 58, 59]. Типичными эхопризнаками являются наличие эхогенной массы в полости аорты или образование псевдоаневризмы, а с помощью цветового доплеровского исследования можно уточнить особенности кровотока в месте разрыва (рис. 27). Наиболее частым местом разрыва аорты считается область перешейка.

Следующим заболеванием, при котором отдается предпочтение ЧП-ЭхоКГ по сравнению с обычной трансторакальной, является аневризма аорты (рис. 28).

Цель ЧП-ЭхоКГ состоит в том, чтобы уточнить локализацию, протяженность, ширину аневризмы,

функцию аортального клапана, вовлечение в аневризму отходящих от аорты ветвей. Также стоит при этом обратить внимание на наличие или отсутствие расслоения аорты и тромботических масс в просвете аневризматического расширения (рис. 28, б).

Жизнеугрожающим последствием расслоения аорты является тампонада сердца (рис. 29). К ее эхокардиографическим признакам относятся [14]:

- уменьшение просвета камер сердца, втягивание стенок правого предсердия и правого желудочка, а при локальном скоплении жидкости могут сдавливаться и левые камеры сердца;

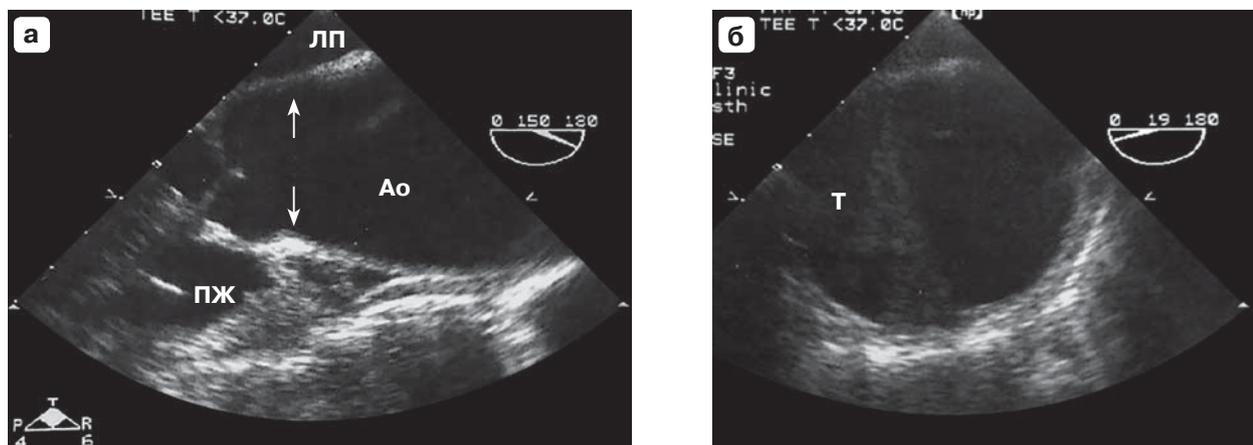
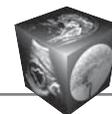


Рис. 28. Аневризматически расширенный восходящий отдел аорты (а) (ЛП – левое предсердие; Ао – аорта; ПЖ – правый желудочек); б – в просвете аневризмы определяется гипоэхогенный тромб (Т) (приведено по Флаксампф Ф.А. [14]).

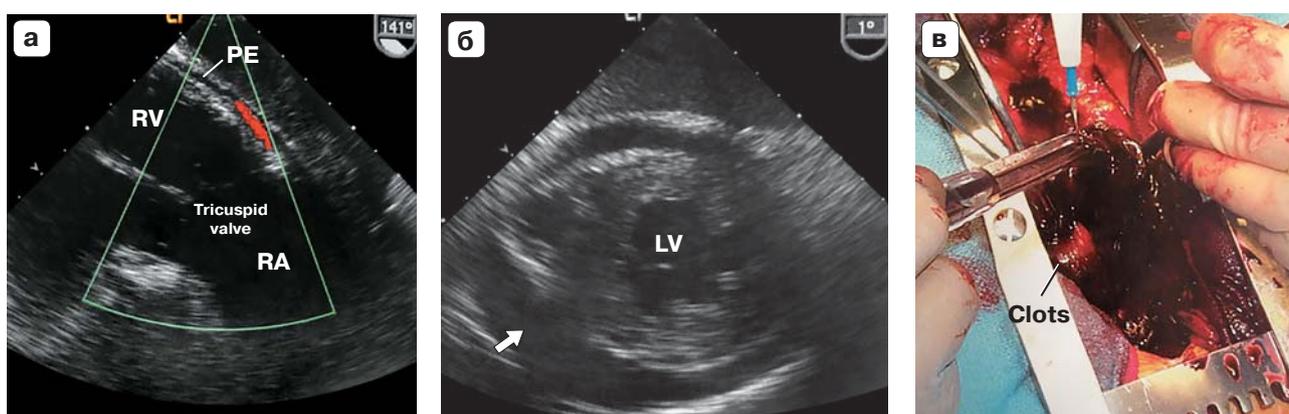


Рис. 29. Жидкость в полости перикарда за правым (а) (PE – полость перикарда; RV – правый желудочек; RA – правое предсердие; Tricuspid valve – трехстворчатый клапан) и левым желудочками (б) (LV – левый желудочек, стрелка – гемоперикард) у пациента с тампонадой сердца; в – во время операции из перикардиальной сумки было удалено от 500 до 700 мл крови (Clots – сгусток крови) (приведено по Oхon D.C. и Otto C.M. [17]).

- инспираторное снижение амплитуды E-волны доплеровской кривой скорости на митральном потоке более 25% или экспираторное снижение максимальной скорости кровотока через трехстворчатый клапан более 40%;

- застой крови в нижней полой вене.

Если вовремя не диагностировать эту патологию, то может случиться кардиогенный шок вследствие нарушения нормального наполнения сердца кровью и в дальнейшем это может привести к смерти больного. Поэтому важно своевременное выявление тампонады сердца с помощью ЧП-ЭхоКГ.

ЧП-ЭхоКГ при диагностике воздушной эмболии

Использование интраоперационной ЧП-ЭхоКГ актуально при контроле эвакуации остаточного воздуха при операциях на открытом сердце [60].

В 1980 г. N.O. Verman применил 2D-ЭхоКГ на открытом сердце для выявления остаточного воздуха в полостях сердца после отключения аппарата искусственного кровообращения [61]. В том же году H.J. Duff и соавт. в своем эксперименте показали высокую диагностическую возможность метода одномерной ЭхоКГ в определении наличия внутрисердечного воздуха [62]. Эпоха массивных воздушных эмболий, возникающих при операциях на открытом сердце, приводящих к тяжелым мозговым осложнениям, прошла, но при операциях на открытом сердце с применением искусственного кровообращения она остается достаточно частым осложнением [60]. Из литературных источников известно, что причинами эмболии могут быть как остаточный воздух в полостях сердца после хирургических вмешательств, так и аппарат искусственного кровообращения [60, 63].

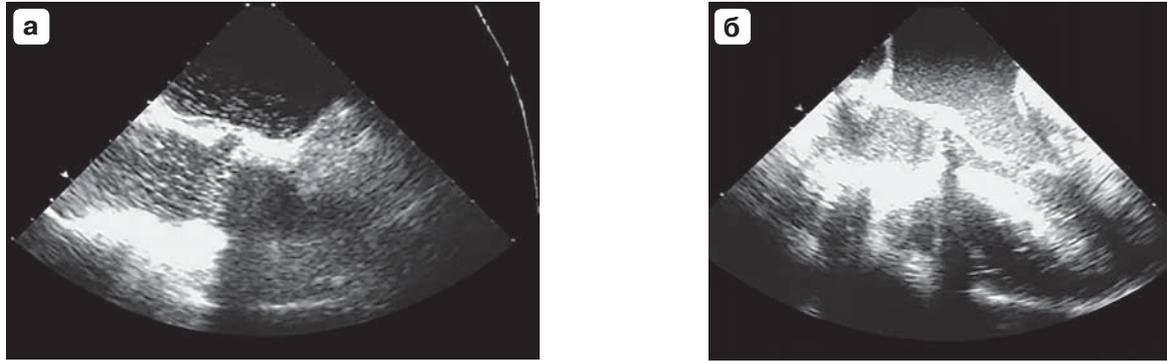


Рис. 30. Интраоперационная чреспищеводная эхокардиография. а – до этапа эвакуации воздуха; б – после дополнительной хирургической эвакуации воздуха (приведено по Таричко Ю.В. и соавт. [60]).

Основные мероприятия по эвакуации воздуха из полостей сердца при операциях подробно описаны, но не всегда можно быть уверенным в том, что остаточный воздух полностью удален из сердечных полостей. Оценка эффективности мероприятий по удалению остаточного воздуха стала возможна благодаря интраоперационной ЧП-ЭхоКГ. Как показали результаты исследования В.В. Роу [64], поступление мелких пузырьков воздуха, выявленное с помощью интраоперационной ЧП-ЭхоКГ, после профилактики воздушной эмболии при операциях с использованием искусственного кровообращения не вызывает каких-либо признаков воздушной эмболии. В большинстве случаев значительное количество остаточного воздуха в камерах сердца появляется при восстановлении сердечной деятельности, при снижении производительности аппарата искусственного кровообращения и после остановки искусственного кровообращения [60]. Поэтому оптимизированный алгоритм профилактики воздушной эмболии, включающий в себя интраоперационную ЧП-ЭхоКГ, позволяет снизить количество таких послеоперационных осложнений, как сердечная недостаточность, неврологические нарушения и нарушения ритма, и сократить длительность пребывания пациента на искусственной вентиляции легких и в реанимации (рис. 30).

Заключение

ЧП-ЭхоКГ является продолжением трансторакального исследования и проводится с целью уточнения ряда анатомических и гемодинамических параметров. Новые возможности ЧП-ЭхоКГ, такие как, например, 3D-моделирование, помогают оценить морфологические особенности врожденных и приобретенных пороков сердца. Благодаря этому методу возможно построение модели порока с точными размерами, формой,

локализацией на дооперационном этапе, которая поможет хирургу определиться с тактикой ведения больного и вариантами оперативного лечения. При операциях на клапанах проводится интраоперационная оценка гемодинамических параметров на протезе, что является одной из важных задач ЧП-ЭхоКГ. Выявленные дисфункции протезов могут быть устранены непосредственно в операционной. Метод ЧП-ЭхоКГ является “золотым стандартом” у пациентов с аритмиями для выявления тромбов в полостях сердца (особенно ушка левого предсердия), изучения структурно-функциональных изменений предсердий и коррекции и эффективности антикоагулянтной терапии у данной категории пациентов.

ЧП-ЭхоКГ играет важную роль при диагностике неотложных состояний, таких как расслоение аорты, эмболы в основных ветвях легочной артерии. При вышеперечисленных состояниях ЧП-ЭхоКГ является методикой выбора при нестабильном состоянии пациента, так как может быть быстро выполнена у постели больного, в операционной, непосредственно перед оперативным вмешательством.

Оптимизированный алгоритм профилактики воздушной эмболии, включающий ЧП-ЭхоКГ, позволяет снизить количество таких послеоперационных осложнений, как сердечная недостаточность, неврологические нарушения, нарушение ритма и проводимости, снизить продолжительность искусственной вентиляции легких и времени пребывания в реанимации. Интраоперационная ЧП-ЭхоКГ является эффективным методом контроля эвакуации остаточного воздуха при операциях на открытом сердце.

Качественное проведение ЧП-ЭхоКГ и корректная интерпретация данных зависят от диагностической оснащенности и квалификации врача, проводящего исследование.

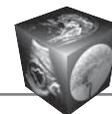


Список литературы

1. Практическая эхокардиография: Руководство по эхокардиографической диагностике; Под ред. Флаксампфа Ф.А.: Пер. с нем. под ред. Сандрикова В.А. Второе изд. М.: МЕДпресс-информ, 2013. 872 с.
2. Транспищеводная эхокардиография: Практическое руководство; Под ред. Перрино А.С. мл., Ривза С.Т.: Пер. с англ. Хоменко Е.А., науч. ред. Новиков В.И. М.: Медицинское информационное агентство, 2013. 509 с.
3. Вилкенсхоф У., Крук И., Мюр-Вилкенсхоф Ф. Справочник по эхокардиографии; Под ред. Кушнерова А.И. Второе изд., перераб. и доп. М.: Медицинская литература, 2014. 304 с.
4. Side C.G., Gosling R.G. Non-surgical assessment of cardiac function. *Nature*. 1971; 232: 335.
5. Olsom R.M., Shelton D.K. A nondestructive technique to measure wall displacement in the thoracic aorta. *J. Appl. Physiol.* 1972; 32: 147–151.
6. Саидова М.А. Чреспищеводная эхокардиография: показания, техника проведения. *Болезни сердца и сосудов*. 2007; 4: 73–78.
7. Hisanaga K., Hisanaga A., Nagata K., Ichie Y. Transesophageal cross-sectional echocardiography. *Am. Heart J.* 1980; 100 (5): 605–609.
8. Matsumoto M., Oka Y., Strom J., Frishman W., Kadish A., Becker R.M., Frater R.W., Sonnenblick E.H. Application of transesophageal echocardiography to continuous intraoperative monitoring of left ventricular performance. *Am. J. Cardiol.* 1980; 46 (1): 95–105.
9. Merz E. Schallkopfhigiene – ein unterschätztes Thema? *Ultraschall Med.* 2005; 26: 7–8.
10. Stoddard M.F., Liddel N.E., Longaker R.A., Dawkins P.R. Transesophageal echocardiography: Normal variants and mimickers. *Am. Heart J.* 1992; 124: 1587–1598.
11. Cohen G.I., White M., Sochowski R.A., Klein A.L., Bridge P.D., Stewart W.J., Chan K.-L. Reference values for normal adult transesophageal echocardiographic measurements. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 1995; 8: 221–230. DOI: 10.1016/S0894-7317(05)80031-8.
12. Sloth E., Hasenkam J.M., Sørensen K.E., Pedersen J., Olsen K.H., Hansen O.K., Egeblad H. Pediatric multiplane transesophageal echocardiography in congenital heart disease: new possibilities with a miniaturized probe. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 1996; 9: 622–628.
13. Lam J., Neirotti R.A., Hardjijwono R., Blom-Muilwijk C.M., Schuller J.L., Visser C.A. Transesophageal Echocardiography with the use of a four-millimeter probe. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 1997; 10: 499–504.
14. Курс эхокардиографии; Под ред. Флаксампфа Ф.А.: Пер. с нем. Халатова В.Ю., под ред. Сандрикова В.А. М.: МЕДпресс-информ, 2016. 328 с.
15. Lambertz H., Kreis A., Trümper H., Hanrath P. Simultaneous Trans-esophageal two-dimensional echocardiography: A new method of stress echocardiography. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1990; 16, 5: 1143–1453.
16. Smith J.S., Cahalan M.K., Benefiel D.J., Byrd B.F., Lurz F.W., Shapiro W.A., Roizen M.F., Bouchard A., Schiller N.B. Intraoperative detection of myocardial ischemia in high-risk patients: electrocardiography versus two-dimensional transesophageal echocardiography. *Circulation*. 1985; 72 (5): 1015–1021.
17. Oxon D.C., Otto C.M. Intraoperative and Interventional Echocardiography. Atlas of Transesophageal Imaging. Second ed. Philadelphia, PA: Elsevier, 2018. 543 p.
18. Козлов И.А., Кричевский Л.А., Дзыбинская Е.В. Чреспищеводная эхокардиография как метод анестезиологического мониторинга при кардиохирургических операциях и трансплантации сердца. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2006; 4: 47–51.
19. Козлов И.А., Кричевский Л.А., Дзыбинская Е.В. Десять лет чреспищеводной эхокардиографии в отечественной кардиоанестезиологии. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2014; 3: 76–81.
20. Дзыбинская Е.В., Кричевский Л.А., Харламова И.Е., Козлов И.А. Чреспищеводная эхокардиография в оценке показаний и противопоказаний к ранней активизации после реваскуляризации миокарда. *Общая реаниматология*. 2011; 7 (1): 42–47.
21. Rasmussen C., Thiis J.J., Clemmensen P., Efsen F., Arendrup H.C., Saunamäki K., Madsen J.K., Pettersson G. Significance and management of early graft failure after coronary artery bypass grafting, feasibility and results of acute angiography and re-re-vascularization. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 1997; 12 (6): 847–852.
22. London M.J., Mittnacht A.J., Kaplan J.A. Anesthesia for myocardial revascularization. In: Kaplan's cardiac anesthesia. Kaplan J.A., Reich D.L., Lake C.L., Konstadt S.N. (eds.). 5th ed. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2006: 585–644.
23. Zietkiewicz M., Drwila R., Maciejewska M.S., Moncznik P., Stapor M., Zajdel W., Zmudka K., Sadowski J., Andres J. Immediate angiography in perioperative myocardial infarction after coronary surgery. *EJA*. 2007; 24 (41): 3–4.
24. Binder Th. Three-Dimensional Echocardiography – Principles and Promises. *J. Clin. Basic Cardiol.* 2002; 5: 149–152.
25. Машина Т.В., Джанкетова В.С., Шамсиев Г.А., Голухова Е.З., Бокерия Л.А. Интраоперационная чреспищеводная трехмерная эхокардиография: клинический случай и литературная справка. *Креативная кардиология*. 2013; 1: 88–93.
26. Буравихина Т.А., Федулова С.В., Кузнецова Л.М., Каршиева А.Р., Дзеранова А.Н. Трехмерная интраоперационная чреспищеводная эхокардиография. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2013; 2: 43–47.
27. Ткачев И.В., Кадрабулатова С.С., Тарасов Д.Г. Роль трехмерной чреспищеводной эхокардиографии в преоперационной оценке дефектов межпредсердной перегородки. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2014; 1: 58–61.
28. Бокерия Л.А., Машина Т.В., Джанкетова В.С., Голухова Е.З. Ультразвуковая анатомия и чреспищеводная трехмерная эхокардиография в хирургии митрального клапана (обзор литературы). *Креативная кардиология*. 2014; 4: 65–75.
29. Carpentier A.F., Lessana A., Relland J.Y., Belli E., Mihaileanu S., Berrebi A.J., Palsky E., Loumet D.F. The “physio-ring”: an advanced concept in mitral valve annuloplasty. *Ann. Thorac Surg.* 1995; 60 (5): 1177–1185. DOI: 10.1016/0003-4975(95)00753-8/
30. Hamer J.P.M. Biplane Transesophageal Echocardiography. Netherlands, Groningen: Boehringer Ingelheim International GmbH, 1991. 249 p.
31. Ports T.A., Silverman N.H., Schiller N.B. Two-dimensional echocardiographic assessment of Ebstein's anomaly. *Circulation*. 1978; 58: 336.
32. Mensel T., Lambertz H. Partielle Lungenvenenfehlkonnektion – Nachweis einer isolierten fehleinmündenden rechten oberen Lungenvene in die Vena cava superior mittels biplane transösophagealer Echokardiographie. *Z. Kardiol.* 1994; 83: 306–310.



33. Икоркин М.Р., Жаринов О.И., Левчук Н.П., Дынник О.Б., Бобров В.А. Диагностические возможности чреспищеводной эхокардиографии у больных с фибрилляцией предсердий. *Украинский кардіологічний журнал*. 2008; 3: 102–110.
34. Шевелёв В.И., Канорский С.Г., Поморцев А.В. Эхокардиографические предикторы тромбоэмболических осложнений у больных с фибрилляцией предсердий пожилого возраста. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2009; 9: 152–155.
35. Сычев О.С., Бородай А.О., Романова Е.Н., Деяк С.И., Бородай Э.С. Оценка признаков тромбообразования у больных с длительным пароксизмом фибрилляции предсердий методом чреспищеводной эхокардиографии. *Украинский кардіологічний журнал*. 2010; 2: 54–59.
36. Зинченко Ю.В., Икоркин М.Р. Роль чреспищеводной эхокардиографии при проведении кардиоверсии у больных с трепетанием предсердий. *Украинский кардіологічний журнал*. 2011; 5: 27–34.
37. Сычев О.С., Бородай А.А., Гетьман Т.В. Определение дисфункции ушка левого предсердия у больных с фибрилляцией предсердий неклапанной этиологии. *Украинский кардіологічний журнал*. 2014; 2: 81–85.
38. Recchia D., Wickline S.A. Ultrasonic tissue characterization of blood during stasis and thrombus with a real-time linear-array backscatter imaging system. *Coron. Artery Dis.* 1993; 4: 987–994.
39. DeBaakey M.E., Henly W.S., Cooley D.A., Morris G.C. Jr., Crawford E.S., Beall A.C. Jr. Surgical management of dissecting aneurysms of the aorta. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1965; 49: 130–149.
40. Larson E.W., Edwards W.D. Risk factors for aortic dissection: A necropsy study of 161 cases. *Am. J. Cardiol.* 1984; 53: 849–855.
41. Roberts C.S., Roberts W.C. Dissection of the aorta associated with congenital malformation of the aortic valve. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1991; 17: 712–716.
42. Pieters F.A.A., Widdershove J.W., Gerardy A., Geskes G., Cheriex E.C., Wellens H.J. Risk of aortic dissection after aortic valve replacement. *Am. J. Cardiol.* 1993; 72: 1043–1047.
43. Epperlein S., Mohr-Kahaly S., Erbel R., Kearney P., Meyer J. Aorta and aortic valve morphologies predisposing to aortic dissection. *Eur. Heart J.* 1994; 15: 1520–1527.
44. Давыдова Л.А., Полипчук Н.В. Осложнения аневризмы аорты при атеросклерозе и синдроме Марфана. *Medicine*. 2017; 42 (176): 63–71.
45. Erbel R., Börner N., Steller D., Brunier J., Thelen M., Pfeiffer C., Mohr-Kahaly S., Iversen S., Oelert H., Meyer J. Detection of aortic dissection by transesophageal echocardiography. *Br. Heart J.* 1987; 58: 45–51.
46. Erbel R., Engberding R., Daniel W., Roelandt J., Visser C., Rennollet H. Echocardiography in diagnosis of aortic dissection. *Lancet*. 1989; 1: 457–461.
47. Silvey S.V., Stoughton T.L., Pearl W., Collazo W.A., Belbel R.J. Rupture of the outer partition of aortic dissection during transesophageal echocardiography. *Am. J. Cardiol.* 1991; 68: 286–287.
48. Mohr-Kahaly S., Erbel R., Steller D., Börner N., Drexler M., Meyer J. Aortic dissection detected by transesophageal echocardiography. *Int. J. Card. Imag.* 1986; 2: 31–35.
49. Erbel R., Oelert H., Meyer J., Puth M., Mohr-Katoly S., Hausmann D., Daniel W., Maffei S., Caruso A., Covino F.E. Effect of medical and surgical therapy on aortic dissection evaluated by transesophageal echocardiography. Implications for prognosis and therapy. The European Cooperative Study Group on Echocardiography. *Circulation*. 1993; 87: 1604–1615. DOI: 10.1161/01.CIR.87.5.1604.
50. Nienaber C.A., von Kodolitsch Y., Nicolas V., Siglow V., Piepho A., Brockhoff C., Koschyk D.H., Spielmann R.P. The diagnosis of thoracic aortic dissection by noninvasive imaging procedures. *N. Engl. J. Med.* 1993; 328: 1–8. DOI: 10.1056/NEJM199301073280101.
51. Rizzo R.J., Aranki S.F., Aklog L., Couper G.S., Adams D.H., Collins J.J., Kinchla N.M., Allred E.N., Cohn L.H. Rapid noninvasive diagnosis and surgical repair of acute ascending aortic dissection. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1994; 108: 567–575.
52. Banning A.P., Masani N.D., Ikram S., Fraser A.G., Hall R.J.C. Transesophageal echocardiography as the sole diagnostic investigation in patients with suspected thoracic aortic dissection. *Br. Heart J.* 1994; 72: 461–465.
53. Chirillo F., Cavallini C., Longhini C., Ius P., Totis O., Cavarzerani A., Bruni A., Valfré C., Stritoni P. Comparative diagnostic value of transesophageal echocardiography and retrograde aortography in the evaluation of thoracic aortic dissection. *Am. J. Cardiol.* 1994; 74: 590–595.
54. Keren A., Kim C.B., Hu B.S., Eyngorina I., Billingham M.E., Mitchell R.S., Miller D.C., Popp R.L., Schnittger I. Accuracy of biplane and multiplane transesophageal echocardiography in diagnosis of typical acute aortic dissection and intramural hematoma. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1996; 28: 627–636.
55. Почепцова Е.Г. Острый аортальный синдром: диссекция аорты. *Ліки України*. 2017; 2 (208): 38–46.
56. Mohr-Kahaly S., Erbel R., Kearney P., Puth M., Meyer J. Aortic intramural hemorrhage visualized by transesophageal echocardiography: Findings and prognostic implications. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1994; 23: 658–664.
57. Vilacosta I., San Román J.A., Ferreirós J., Aragoncillo P., Méndez R., Castillo J.A., Rollán M.J., Batlle E., Peral V., Sánchez-Harguindey L. Natural history and serial morphology of aortic intramural hematoma: A novel variant of aortic dissection. *Am. Heart J.* 1997; 134: 495–507.
58. Smith M.D., Cassidy J.M., Souther S., Morris E.J., Sapin P.M., Johnson S.B., Kearney P.A. Transesophageal echocardiography in the diagnosis of traumatic rupture of the aorta. *N. Engl. J. Med.* 1995; 332: 356–362.
59. Vignon P., Guéret P., Vedrinne J.M., Lagrange P., Cornu E., Abrieu O., Gastinne H., Bensaïd J., Lang R.M.: Role of transesophageal echocardiography in the diagnosis and management of traumatic aortic disruption. *Circulation*. 1995; 92: 2959–2968.
60. Таричко Ю.В., Родионова Л.В., Веретник Г.И., Стефанов С.А., Дандарова Ж.Б. Применение чреспищеводной эхокардиографии в профилактике воздушной эмболии в кардиологической практике. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2006; 4: 96–101.
61. Berman N.O. Intraoperative echocardiography in the detection of entrapped intracardiac air. *Clin. Res.* 1980; 28 (2): 157.
62. Duff H.J., Buda A.J., Kramer R., Strauss H.D., David T.E., Berman N.D. Detection of entrapped intracardiac air with intraoperative echocardiography. *Am. J. Cardiol.* 1980; 46 (2): 255–260.
63. Hughes D. Air embolism during cardiopulmonary bypass. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1981; 82 (4): 639–648.
64. Roe B.B. Air embolism prevention. *Ann. Thorac. Surg.* 1987; 44 (2): 212–213.



References

1. Practical echocardiography: A guide to echocardiographic diagnostics. Ed. Flakskampf F.A., transl. Germ. ed. Sandrikov V.A. The second ed. M.: MEDpress-inform, 2013. 872 p. (In Russian)
2. Trans-esophageal echocardiography: A practical guide. Eds by Perrino A.S. Jr., Rivza S.T., transl. from engl. by Khomenko E.A., scientific ed. Novikov V.I. M.: Medical information agency, 2013. 509 p. (In Russian)
3. Wilkenshoff U., Crook I., Muir-Wilkenshoff F. Handbook on echocardiography. Ed. Kushnerova A.I. The second ed., revised and enlarged. M.: Medical literature, 2014. 304 p. (In Russian)
4. Side C.G., Gosling R.G. Non-surgical assessment of cardiac function. *Nature*. 1971; 232: 335.
5. Olsom R.M., Shelton D.K. A nondestructive technique to measure wall displacement in the thoracic aorta. *J. Appl. Physiol.* 1972; 32: 147–151.
6. Saidova MA Transesophageal echocardiography: indications, technique. *Bolezni Serdtsa i Sosudov*. 2007; 4: 73–78. (In Russian)
7. Hisanaga K., Hisanaga A., Nagata K., Ichie Y. Transesophageal cross-sectional echocardiography. *Am. Heart J.* 1980; 100 (5): 605–609.
8. Matsumoto M., Oka Y., Strom J., Frishman W., Kadish A., Becker R.M., Frater R.W., Sonnenblick E.H. Application of transesophageal echocardiography to continuous intraoperative monitoring of left ventricular performance. *Am. J. Cardiol.* 1980; 46 (1): 95–105.
9. Merz E. Schallkopfhygiene – ein unterschätztes Thema? *Ultraschall Med.* 2005; 26: 7–8.
10. Stoddard M.F., Liddel N.E., Longaker R.A., Dawkins P.R. Transesophageal echocardiography: Normal variants and mimickers. *Am. Heart J.* 1992; 124: 1587–1598.
11. Cohen G.I., White M., Sochowski R.A., Klein A.L., Bridge P.D., Stewart W.J., Chan K.-L. Reference values for normal adult transesophageal echocardiographic measurements. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 1995; 8: 221–230. DOI: 10.1016/S0894-7317(05)80031-8.
12. Sloth E., Hasenkam J.M., Sørensen K.E., Pedersen J., Olsen K.H., Hansen O.K., Egeblad H. Pediatric multiplane transesophageal echocardiography in congenital heart disease: new possibilities with a miniaturized probe. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 1996; 9: 622–628.
13. Lam J., Neirotti R.A., Hardjijwono R., Blom-Muilwijk C.M., Schuller J.L., Visser C.A. Transesophageal Echocardiography with the use of a four-millimeter probe. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 1997; 10: 499–504.
14. Course of echocardiography. Ed. Flakskampf F.A., transl. Germ. Halatova V.Yu., ed. Sandrikova V.A. M.: MEDpress-inform, 2016. 328 p. (In Russian)
15. Lambertz H., Kreis A., Trümper H., Hanrath P. Simultaneous Trans-esophageal two-dimensional echocardiography: A new method of stress echocardiography. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1990; 16, 5: 1143–1453.
16. Smith J.S., Cahalan M.K., Benefiel D.J., Byrd B.F., Lurz F.W., Shapiro W.A., Roizen M.F., Bouchard A., Schiller N.B. Intraoperative detection of myocardial ischemia in high-risk patients: electrocardiography versus two-dimensional transesophageal echocardiography. *Circulation*. 1985; 72 (5): 1015–1021.
17. Oxon D.C., Otto C.M. Intraoperative and Interventional Echocardiography. Atlas of Transesophageal Imaging. Second ed. Philadelphia, PA: Elsevier, 2018. 543 p.
18. Kozlov I.A., Krichevsky L.A., Dzybinskaya E.V. Transesophageal echocardiography as a method of anesthesia monitoring in cardiosurgery operations and heart transplantation. *Vestnik Transplantologii i Iskustvennikh Organov*. 2006; 4: 47–51. (In Russian)
19. Kozlov I.A., Krichevsky L.A., Dzybinskaya E.V. Ten years of transesophageal echocardiography in the Russian cardioanesthesiology. *Pathologiya Krovoobrascheniya i Cardiokirurgiya*. 2014; 3: 76–81. (In Russian)
20. Dzybinskaya E.V., Krichevsky L.A., Kharlamova I.E., Kozlov I.A. Transesophageal echocardiography in the evaluation of indications and contraindications to early activation after myocardial revascularization. *Obschaya reanimatologiya*. 2011; 7(1): 42–47. (In Russian)
21. Rasmussen C., Thiis J.J., Clemmensen P., Efsen F., Arendrup H.C., Saunamäki K., Madsen J.K., Pettersson G. Significance and management of early graft failure after coronary artery bypass grafting, feasibility and results of acute angiography and re-re-vascularization. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 1997; 12 (6): 847–852.
22. London M.J., Mittnacht A.J., Kaplan J.A. Anesthesia for myocardial revascularization. In: Kaplan's cardiac anesthesia. Kaplan J.A., Reich D.L., Lake C.L., Konstadt S.N. (eds.). 5th ed. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2006: 585–644.
23. Zietkiewicz M., Drwila R., Maciejewska M.S., Moncznik P., Stapor M., Zajdel W., Zmudka K., Sadowski J., Andres J. Immediate angiography in perioperative myocardial infarction after coronary surgery. *EJA*. 2007; 24 (41): 3–4.
24. Binder Th. Three-Dimensional Echocardiography – Principles and Promises. *J. Clin. Basic Cardiol.* 2002; 5: 149–152.
25. Mashina T.V., Dzhanketova V.S., Shamsiev G.A., Golukhova E.Z., Bokeria L.A. Intraoperative transesophageal three-dimensional echocardiography: a clinical case and a literary reference. *Creativnaya Cardiologiya*. 2013; 1: 88–93. (In Russian)
26. Buravikhina T.A., Fedulova S.V., Kuznetsova L.M., Karshieva A.R., Dzeranova A.N. Three-dimensional intraoperative transesophageal echocardiography. *Ultrasound & Functional Diagnostics*. 2013; 2: 43–47. (In Russian)
27. Tkachev I.V., Kadrabulatova S.S., Tarasov D.G. The role of three-dimensional transesophageal echocardiography in the preoperative assessment of atrial septal defects. *Pathologiya Krovoobrascheniya i Cardiokirurgiya*. 2014; 1: 58–61. (In Russian)
28. Bokeria L.A., Machin. T.V., Dzhanketova V.S., Golukhova E.Z. Ultrasonic anatomy and transesophageal three-dimensional echocardiography in mitral valve surgery (literature review). *Creativnaya Cardiologiya*. 2014; 4: 65–75. (In Russian)
29. Carpentier A.F., Lessana A., Relland J.Y., Belli E., Mihaileanu S., Berrebi A.J., Palsky E., Loulmet D.F. The “physio-ring”: an advanced concept in mitral valve annuloplasty. *Ann. Thorac Surg.* 1995; 60 (5): 1177–1185. DOI: 10.1016/0003-4975(95)00753-8/
30. Hamer J.P.M. Biplane Transesophageal Echocardiography. Netherlands, Groningen: Boehringer Ingelheim International GmbH, 1991. 249 p.
31. Ports T.A., Silverman N.H., Schiller N.B. Two-dimensional echocardiographic assessment of Ebstein's anomaly. *Circulation*. 1978; 58: 336.
32. Mensel T., Lambertz H. Partielle Lungenvenenfehlkonnektion – Nachweis einer isolierten fehleinmündenden rechten oberen Lungenvene in die Vena cava superior mittels biplane transösophagealer Echokardiographie. *Z. Kardiol.* 1994; 83: 306–310.
33. Ikorkin M.R., Zharinov O.I., Levchuk N.P., Dynnik O.B., Bobrov V.A. Diagnostic possibilities of transesophageal



- echocardiography in patients with atrial fibrillation. *Ukrainskyi Kardiologicheskii Zhurnal*. 2008; 3: 102–110. (In Russian)
34. Shevelyov V.I., Kanorsky S.G., Pomortsev A.V. Echocardiographic predictors of thromboembolic complications in patients with advanced atrial fibrillation. *Kuban Nauchnyi Meditsinskiy Vestnik*. 2009; 9: 152–155. (In Russian)
 35. Sychev O.S., Boroday A.O., Romanova E.N., Deyak S.I., Borodai E.S. Assessment of signs of thrombus formation in patients with prolonged paroxysm of atrial fibrillation by transesophageal echocardiography. *Ukrainskyi Kardiologicheskii Zhurnal*. 2010; 2: 54–59. (In Russian)
 36. Zinchenko Yu.V., Ikorin M.R., The role of transesophageal echocardiography during cardioversion in patients with atrial flutter. *Ukrainskyi Kardiologicheskii Zhurnal*. 2011; 5: 27–34. (In Russian)
 37. Sychev O.S., Boroday A.A., Getman T.V. Definition of dysfunction of the left atrial appendage in patients with atrial fibrillation of non-valvular etiology. *Ukrainskyi Kardiologicheskii Zhurnal*. 2014; 2: 81–85. (In Russian)
 38. Recchia D., Wickline S.A. Ultrasonic tissue characterization of blood during stasis and thrombus with a real-time linear-array backscatter imaging system. *Coron. Artery Dis.* 1993; 4: 987–994.
 39. DeBakey M.E., Henly W.S., Cooley D.A., Morris G.C. Jr., Crawford E.S., Beall A.C. Jr. Surgical management of dissecting aneurysms of the aorta. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1965; 49: 130–149.
 40. Larson E.W., Edwards W.D. Risk factors for aortic dissection: A necropsy study of 161 cases. *Am. J. Cardiol.* 1984; 53: 849–855.
 41. Roberts C.S., Roberts W.C. Dissection of the aorta associated with congenital malformation of the aortic valve. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1991; 17: 712–716.
 42. Pieters F.A.A., Widdershove J.W., Gerardy A., Geskes G., Cheriex E.C., Wellens H.J. Risk of aortic dissection after aortic valve replacement. *Am. J. Cardiol.* 1993; 72: 1043–1047.
 43. Epperlein S., Mohr-Kahaly S., Erbel R., Kearney P., Meyer J. Aorta and aortic valve morphologies predisposing to aortic dissection. *Eur. Heart J.* 1994; 15: 1520–1527.
 44. Davydova L.A., Polypchuk N.V. Complications of the aortic aneurysm in atherosclerosis and Marfan syndrome. *Medicine*. 2017; 42 (176): 63–71. (In Russian)
 45. Erbel R., Börner N., Steller D., Brunier J., Thelen M., Pfeiffer C., Mohr-Kahaly S., Iversen S., Oelert H., Meyer J. Detection of aortic dissection by transesophageal echocardiography. *Br. Heart J.* 1987; 58: 45–51.
 46. Erbel R., Engberding R., Daniel W., Roelandt J., Visser C., Rennollet H. Echocardiography in diagnosis of aortic dissection. *Lancet*. 1989; 1: 457–461.
 47. Silvey S.V., Stoughton T.L., Pearl W., Collazo W.A., Belbel R.J. Rupture of the outer partition of aortic dissection during transesophageal echocardiography. *Am. J. Cardiol.* 1991; 68: 286–287.
 48. Mohr-Kahaly S., Erbel R., Steller D., Börner N., Drexler M., Meyer J. Aortic dissection detected by transesophageal echocardiography. *Int. J. Card. Imag.* 1986; 2: 31–35.
 49. Erbel R., Oelert H., Meyer J., Puth M., Mohr-Katoly S., Hausmann D., Daniel W., Maffei S., Caruso A., Covino F.E. Effect of medical and surgical therapy on aortic dissection evaluated by transesophageal echocardiography. Implications for prognosis and therapy. The European Cooperative Study Group on Echocardiography. *Circulation*. 1993; 87: 1604–1615. DOI: 10.1161/01.CIR.87.5.1604.
 50. Nienaber C.A., von Kodolitsch Y., Nicolas V., Siglow V., Piepho A., Brockhoff C., Koschyk D.H., Spielmann R.P. The diagnosis of thoracic aortic dissection by noninvasive imaging procedures. *N. Engl. J. Med.* 1993; 328: 1–8. DOI: 10.1056/NEJM199301073280101.
 51. Rizzo R.J., Aranki S.F., Aklog L., Couper G.S., Adams D.H., Collins J.J., Kinchla N.M., Allred E.N., Cohn L.H. Rapid noninvasive diagnosis and surgical repair of acute ascending aortic dissection. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1994; 108: 567–575.
 52. Banning A.P., Masani N.D., Ikram S., Fraser A.G., Hall R.J.C. Transesophageal echocardiography as the sole diagnostic investigation in patients with suspected thoracic aortic dissection. *Br. Heart J.* 1994; 72: 461–465.
 53. Chirillo F., Cavallini C., Longhini C., Ius P., Totis O., Cavarzerani A., Bruni A., Valfré C., Stritoni P. Comparative diagnostic value of transesophageal echocardiography and retrograde aortography in the evaluation of thoracic aortic dissection. *Am. J. Cardiol.* 1994; 74: 590–595.
 54. Keren A., Kim C.B., Hu B.S., Eyngorina I., Billingham M.E., Mitchell R.S., Miller D.C., Popp R.L., Schnitger I. Accuracy of biplane and multiplane transesophageal echocardiography in diagnosis of typical acute aortic dissection and intramural hematoma. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1996; 28: 627–636.
 55. Pocheptsova E.G. Acute aortic syndrome: dissection of the aorta. *Liki Ukraini*. 2017; 2 (208): 38–46. (In Russian)
 56. Mohr-Kahaly S., Erbel R., Kearney P., Puth M., Meyer J. Aortic intramural hemorrhage visualized by transesophageal echocardiography: Findings and prognostic implications. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1994; 23: 658–664.
 57. Vilacosta I., San Román J.A., Ferreirós J., Aragoncillo P., Méndez R., Castillo J.A., Rollán M.J., Batlle E., Peral V., Sánchez-Harguindey L. Natural history and serial morphology of aortic intramural hematoma: A novel variant of aortic dissection. *Am. Heart J.* 1997; 134: 495–507.
 58. Smith M.D., Cassidy J.M., Souther S., Morris E.J., Sapin P.M., Johnson S.B., Kearney P.A. Transesophageal echocardiography in the diagnosis of traumatic rupture of the aorta. *N. Engl. J. Med.* 1995; 332: 356–362.
 59. Vignon P., Guéret P., Vedrinne J.M., Lagrange P., Cornu E., Abrieu O., Gastinne H., Bensaid J., Lang R.M.: Role of transesophageal echocardiography in the diagnosis and management of traumatic aortic disruption. *Circulation*. 1995; 92: 2959–2968.
 60. Tarichko Yu.V., Rodionova L.V., Veretnik G.I., Stefanov S.A., Dandarova Zh.B. The use of transesophageal echocardiography in the prevention of air embolism in cardiac practice. *Ultrasound & Functional Diagnostics*. 2006; 4: 96–101. (In Russian)
 61. Berman N.O. Intraoperative echocardiography in the detection of entrapped intracardiac air. *Clin. Res.* 1980; 28 (2): 157.
 62. Duff H.J., Buda A.J., Kramer R., Strauss H.D., David T.E., Berman N.D. Detection of entrapped intracardiac air with intraoperative echocardiography. *Am. J. Cardiol.* 1980; 46 (2): 255–260.
 63. Hughes D. Air embolism during cardiopulmonary bypass. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1981; 82 (4): 639–648.
 64. Roe B.B. Air embolism prevention. *Ann. Thorac. Surg.* 1987; 44 (2): 212–213.