

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ВНУТРЕННИХ БОЛЕЗНЕЙ, КАРДИОЛОГИИ И РЕВМАТОЛОГИИ  
С КУРСОМ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ И ПЕРЕПОДГОТОВКИ

# ЧРЕСПИЩЕВОДНАЯ ЭХОКАРДИОГРАФИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ПАТОЛОГИИ КЛАПАНОВ СЕРДЦА

Учебно-методическое пособие



Минск БГМУ 2025

УДК 616.126.3-073.43-032:616.329(075.9)

ББК 54.101.2+53.433.8я78

Ч-76

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве учебно-методического пособия 26.06.2024 г., протокол № 18

Авторы: ст. преп. М. П. Жарихина<sup>1</sup>; зав. отделением функциональной диагностики Э. И. Шкробнёва<sup>2</sup>; ст. преп. А. Н. Панкина<sup>1</sup>; врач функциональной диагностики И. М. Адашкевич<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Белорусский государственный медицинский университет

<sup>2</sup> Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии

Рецензенты: д-р мед. наук, доц., зав. лабораторией артериальной гипертензии Республиканского научно-практического центра «Кардиология» О. С. Павлова; 1-я каф. внутренних болезней Гродненского государственного медицинского университета

**Чреспищеводная** эхокардиография в диагностике патологии Ч-76 клапанов сердца : учебно-методическое пособие / М. П. Жарихина, Э. И. Шкробнёва, А. Н. Панкина, И. М. Адашкевич. – Минск : БГМУ, 2025. – 27 с.

ISBN 978-985-21-1765-4.

Описаны возможности и ограничения чреспищеводной эхокардиографии, приведены основные эхокардиографические параметры оценки морфологии, этиологии, механизмов клапанной патологии сердца при проведении чреспищеводной эхокардиографии с целью определения дальнейшей тактики ведения пациентов.

Предназначено для врачей функциональной диагностики, врачей ультразвуковой диагностики, кардиологов, кардиохирургов.

УДК 616.126.3-073.43-032:616.329(075.9)

ББК 54.101.2+53.433.8я78

ISBN 978-985-21-1765-4

© УО «Белорусский государственный медицинский университет», 2025

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время заболеваемость дегенеративной этиологией клапанов в развитых странах возросла. Новые данные об антитромботической терапии привели к новым рекомендациям для пациентов с хирургическими или транскатетерными биопротезами для мостовидного протезирования в периоперационный период и в долгосрочной перспективе. Увеличение опыта и процедурной безопасности привело к расширению показаний к более раннему хирургическому вмешательству у бессимптомных пациентов с аортальным стенозом, аортальной регургитацией (АР) или митральной регургитацией (МР) и подчеркиванию предпочтения пластики клапана, когда ожидается, что она будет долговечной, расширение показаний для транскатетерной имплантации клапанов у неоперабельных пациентов.

Эхокардиография — метод ультразвуковой диагностики, направленный на исследование морфологических и функциональных изменений сердца и его клапанного аппарата.

Двумерная (2D) трансторакальная эхокардиография (ТТЭ) является методом визуализации первой линии при клапанной патологии и часто бывает достаточной для диагностики.

Двумерная чреспищеводная эхокардиография (ЧПЭ) показана, когда ТТЭ имеет субоптимальное качество или требуется дальнейшее уточнение диагностики при подозрении на тромбоз, дисфункцию протезного клапана или эндокардит. ЧПЭ полезна, когда для выбора вида хирургического вмешательства требуется подробная функциональная анатомия клапана. Интраоперационная ЧПЭ используется при проведении транскатетерных процедур на аортальном, митральном и трикуспидальном клапанах, а также для оценки непосредственного результата хирургических операций на клапанах.

Трехмерная ЧПЭ (3D-ЧПЭ) обеспечивает реалистичные и интуитивно понятные анатомические изображения клапанного аппарата, которые могут предоставить дополнительную информацию, особенно у пациентов со сложными поражениями клапанов, и позволяет более точно количественно оценить гемодинамические последствия регургитации в камерах сердца.

Мультимодальная визуализация может потребоваться в определенных условиях для оценки и/или процедурного руководства при TAVI и транскатетерных вмешательствах на митральном и трикуспидальном клапанах.

Целями обследования пациентов с клапанной патологией являются уточнение морфологии клапанов, этиологии и механизма клапанного поражения, количественная оценка регургитаций и/или стенозов.

## ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ ЧРЕСПИЩЕВОДНОЙ ЭХОКАРДИОГРАФИИ

В настоящее время наибольшее распространение получили чреспищеводные многоплановые трехмерные датчики, которые позволяют не только проводить сканирование во множестве плоскостей от 0 до 180°, но и получать трехмерные изображения с проведением синхронного многоплоскостного сканирования. Частота датчика обычно составляет 5–7 МГц.

Чреспищеводный датчик представляет собой гибкий управляемый зонд с размещенным на его конце ультразвуковым датчиком (рис. 1). Толщина концевого отдела зонда с датчиком составляет 9–11 мм, длина зонда — до 1 м. На зонде через каждые 10 см нанесены метки с цифрами для определения глубины введения датчика. Зонд переходит в ручку датчика, которая позволяет манипулировать концом зонда и поворачивать сектор сканирования. На ручке расположены большое (внутреннее, ближе к ручке) и малое (наружное, дальше от ручки) управляющие колеса, позволяющие отклонять концевой отдел зонда в разных направлениях, тормозной рычаг и кнопки. Ручка датчика переходит в кабель, который с помощью коннектора присоединяется к ультразвуковому аппарату.



*Рис. 1.* Чреспищеводный датчик

Техническое обслуживание датчиков требует дезинфекции и проверки на наличие повреждений после каждого их использования, что должно быть задокументировано.

Преимущества ЧПЭ в сравнении с трансторакальным исследованием:

- при ЧПЭ отсутствуют ослабления ультразвукового сигнала от грудной стенки или легочной ткани;
- визуализируются структуры сердца, не распознаваемые при трансторакальном исследовании (например, грудная аорта, верхняя полая вена, ушки левого и правого предсердий);
- ЧПЭ позволяет визуализировать слабо отражающие структуры (например, внутрисердечные опухоли, тромбы) за счет улучшения соотношения сигнал-шум;

- для ЧПЭ характерна высокая частота ультразвукового луча с более высоким разрешением и лучшим распознаванием деталей;
- ЧПЭ обладает высокой чувствительностью импульсного и цветового доплеровского исследования при анализе потоков во всех отделах сердца.

Несмотря на преимущества ЧПЭ по сравнению с ТТЭ, ЧПЭ позволяет лишь получать дополнительную информацию к проведенному предварительно трансторакальному исследованию. В ряде случаев ТТЭ обеспечивает достаточно высокое качество визуализации, при этом доплеровское исследование при ТТЭ может оказаться более эффективным. Верхушечные позиции из трансторакального доступа нередко являются оптимальными для количественного исследования потоков и предоставляют очень широкие возможности для правильного расположения луча сканирования, что очень важно при доплеровских режимах. При ЧПЭ положение датчика в значительной степени определяется расположением пищевода, поэтому возможности манипулирования датчиком ограничены. В связи с этим при ЧПЭ не всегда удается получить стандартные позиции сердца при двумерном исследовании (обычно получаются косые срезы), а при доплеровском исследовании возможна недооценка скоростей потоков из-за непараллельного расположения луча сканирования к потокам крови. Оптимальным является сочетание трансторакального и чреспищеводного исследований.

Таким образом, показаниями к ЧПЭ являются:

- 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, 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;
- интраоперационный мониторинг;
- длительная лихорадка неясного генеза с целью исключения инфекционного эндокардита;
- оценка функции протезированных клапанов, трансплантированного сердца, проведенной клапаносохраняющей операции на сердце;
- оценка общей и локальной сократительной функции левого желудочка (ЛЖ);
- определение выпота в полость перикарда, диагностика тампонады сердца.

В связи с особенностями проведения методики ЧПЭ существуют противопоказания для выполнения исследования. Ряд патологических состояний пищевода относится к абсолютным противопоказаниям. В этих случаях следует отказаться от выполнения ЧПЭ, так как введение чреспищеводного датчика в пищевод у пациентов с такой патологией может вызвать развитие жизнеугрожающих состояний.

При наличии относительных противопоказаний перед проведением ЧПЭ необходимо определить потенциальный риск исследования и сопоставить его с той клинической пользой, которая может быть получена в результате выполнения исследования. Значительную часть абсолютных и относительных противопоказаний к выполнению ЧПЭ можно выявить во время фиброгастродуоденоскопии, поэтому необходимо изучить данные предшествующего исследования или выполнить его в случае отсутствия информации о состоянии верхних отделов желудочно-кишечного тракта. J. N. Hilberath et al. соавт. приводят следующий список противопоказаний к выполнению исследования (табл. 1).

Таблица 1

**Противопоказания к выполнению чреспищеводной эхокардиографии**

<b>Абсолютные</b>	<b>Относительные</b>
Перфорированные варикозно-расширенные вены пищевода. Патология пищевода: – стриктуры; – дивертикулы; – травматическое повреждение; – опухоль; – склеродермия; – синдром Меллори–Вейса. Кровотечение из верхних отделов желудочно-кишечного тракта. Недавно выполненные хирургические операции в верхних отделах желудочно-кишечного тракта. Эзофагоэктомия. Эзофагогастрэктомия	Патология атлантаксиального соединения с ограничением подвижности шеи. Выраженный шейный артрит с ограничением подвижности шеи. Радиационные воздействия на грудную область. Грыжа пищевода отдела диафрагмы, сопровождаемая клинической симптоматикой. Операции на желудочно-кишечном тракте в анамнезе. Недавнее желудочно-кишечное кровотечение. Эзофагиты, пептические язвы. Торакоабдоминальные аневризмы. Пищевод Барретта. Дисфагия в анамнезе. Коагулопатии, тромбоцитопении

Будучи полуинвазивной процедурой, ЧПЭ вызывает дискомфорт у бодрствующего пациента, поэтому обычно требует применения седативных препаратов. ЧПЭ является относительно безопасным методом исследования, однако существует определенный риск осложнений, включая перфорацию пищевода, ларингоспазм и аритмии. При проведении процедуры опытным специалистом и при соблюдении необходимых мер предосторожности риск ЧПЭ невелик, количество осложнений, требующих преждевременного пре-

кращения исследования, составляет менее 1 %, а количество летальных исходов — не более 1 случая на 10 000 исследований.

Риск осложнений возрастает у пациентов с заболеваниями пищевода, нарушениями глотания и дыхания, а также при отягощенном аллергологическом анамнезе. Смерть после ЧПЭ у пациентов с острым расслоением аорты связывают с повышением артериального давления во время обследования. Антикоагулянты или тромбоцитопения повышают риск кровотечения. Седация может привести к гипоксии и апноэ. Очень редкие осложнения включают метгемоглобинемию из-за местной анестезии и повреждение пищевода в результате мониторинга ЧПЭ во время процедур абляции при фибрилляции предсердий. При ЧПЭ возможна механическая травма пищевода, глотки, полости рта, языка и зубов различной выраженности, так как в отличие от эндоскопического исследования при ЧПЭ отсутствует визуальный контроль расположения датчика. Наиболее грозным осложнением ЧПЭ является прободение пищевода, которое может осложниться медиастинитом, плевритом, пневмотораксом при поражении нижних отделов пищевода. В ряде случаев прободение пищевода может закончиться фатально. Возможны травмы полости рта и губ. Особое внимание следует уделять наличию съемных зубных протезов, которые нужно удалить перед исследованием во избежание их аспирации. Описаны случаи повреждения окружающих пищевод структур (трахеи, гортани, аорты) без его прободения. Иногда может быть заворачивание датчика в пищеводе с нанесением травмы при его извлечении. Кроме механических повреждений, возможны осложнения, обусловленные наркозом.

Современные многоплановые и особенно трехмерные датчики позволяют получать оптимальные изображения при минимальном количестве манипуляций головкой датчика, тем самым уменьшая риск повреждающего механического воздействия датчиком.

Несмотря на достаточно обширный перечень возможных осложнений при выполнении чреспищеводного исследования, частота этих событий невелика, что позволяет говорить о низком риске осложнений при данном методе исследования.

Перед исследованием пациенты должны быть опрошены об аллергии, о проблемах с глотанием, заболеваниях верхних отделов желудочно-кишечного тракта, а также о нарушениях свертываемости крови или применении антикоагулянтов. Так как ЧПЭ проводится под местной анестезией (лидокаин), в кабинете необходимо наличие препаратов для купирования аллергических реакций.

Должно быть получено письменное информированное согласие пациента на исследование. Пациенту следует голодать в течение как минимум 4 ч перед исследованием.

При выполнении ЧПЭ всегда следует соблюдать необходимые меры предосторожности:

1. Строго следовать показаниям и учитывать противопоказания.
2. Перед исследованием изучить данные фиброгастроуденоскопии.
3. Удалять съемные зубные протезы.
4. Использовать специальный загубник.
5. Оценить состояние полости рта и зубов перед исследованием.
6. Избегать чрезмерных усилий при выполнении любых движений датчика.
7. Проводить мониторинг состояния пациента с проведением синхронной записи эхокардиографии.

8. Объем диагностического чреспищеводного исследования должен определяться целью исследования. Не следует стремиться к выведению всех стандартных чреспищеводных позиций. Это позволяет сократить время выполнения исследования и уменьшает риск развития осложнений.

## **ЧРЕСПИЩЕВОДНАЯ ЭХОКАРДИОГРАФИЯ В ОЦЕНКЕ АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА**

При проведении эхокардиографического исследования аортального клапанного аппарата оценивают:

- наличие или отсутствие избыточности створок;
- ограничение раскрытия створок;
- высоту створок, которая указывает на вероятную адекватность коаптации;
- подвижность/податливость, толщину и целостность створок;
- наличие вегетаций и делают их эхокардиографическую оценку;
- вариации спаек створок и количество комиссур (слияние, расширение, место прикрепления и симметричность);
- морфологию корня аорты: гипертрофию межжелудочковой перегородки, размер фиброзного кольца аортального клапана, размеры синусов Вальсальвы и синотубулярного соединения, размер восходящего отдела аорты;
- механизм развития АР.

ТТЭ обычно предоставляет всю эту информацию в качестве первого метода визуализации. Парастернальная позиция по длинной оси традиционно используется для измерения выносящего тракта левого желудочка, кольца аорты и размеров синусов аорты. Толщину и морфологию створок можно визуализировать в парастернальной позиции по длинной оси, а также в парастернальной позиции по короткой оси, в апикальных пяти- и трехкамерных позициях. Однако нередко 2D-ТТЭ не позволяет полностью оценить

анатомию клапана и причины АР. В этой ситуации, если акустическое окно оптимально, трехмерная ЧПЭ может обеспечить лучшее определение морфологии аортального клапана. Трехмерная ЧПЭ все чаще используется для оценки механизмов и причин АР, а также размеров и морфологии корня аорты. При выявлении в В-режиме обратного куполообразного изгиба передней створки митрального клапана (МК), гиперэхогенности базального сегмента межжелудочковой перегородки и в М-режиме высокочастотного трепетания передней створки МК, хорд МК или межжелудочковой перегородки, преждевременного закрытия МК, преждевременного диастолического открытия аортального клапана следует исключить наличие АР.

### АОРТАЛЬНАЯ РЕГУРГИТАЦИЯ

ТТЭ и ЧПЭ являются ключевыми исследованиями, используемыми для описания анатомии клапана, количественной оценки АР, оценки ее механизмов, определения морфологии аорты и возможности клапаносохраняющей операции на аорте или восстановления клапана.

АР может быть вызвана первичным заболеванием створок аортального клапана (которое деформирует створки и препятствует их правильному сближению) и/или аномалиями корня аорты и геометрии восходящего отдела аорты. Дегенеративная АР трехстворчатого и двустворчатого аортального клапана является наиболее распространенной причиной в странах с высоким уровнем дохода, на их долю приходится примерно две трети основной этиологии АР. Другие причины АР включают инфекционный и ревматический эндокардит. Острая тяжелая АР чаще всего обусловлена инфекционным эндокардитом и реже расслоением аорты.

Дегенеративная кальцифицирующая АР характеризуется трехстворчатым аортальным клапаном с кальцификацией, локализованной в центральной части каждой створки. Ревматическая АР характеризуется спаечным сращением и утолщением створок, что приводит к их ретракции. Двустворчатый аортальный клапан может быть связан с дилатацией корня аорты. Аортальные причины АР включают аннуло-аортальную эктазию (идиопатическое расширение корня), синдром Марфана, расслоение аорты, коллагеноз сосудов и сифилис.

Расширение кольца аорты, синусов и/или диаметров синотубулярного соединения предотвращает коаптацию гибких створок, которые могут подвергаться пролапсу. Пролапс может быть следствием удлинения свободного края миксоидных створок или разрыва врожденной фенестрации на уровне комиссуры или того и другого.

Поскольку это может иметь хирургические последствия, важно дифференцировать три фенотипа восходящей аорты:

- аневризму корня аорты (диаметр синусов Вальсальвы  $> 45$  мм);
- трубчатую восходящую аневризму (синусы Вальсальвы 40–45 мм);
- изолированную АР, когда все диаметры аорты  $< 40$  мм.

У пациентов с площадью поверхности тела менее  $1,6 \text{ м}^2$  рекомендуется проводить расчет индексированных значений эхокардиографических параметров.

У пациентов с расширенной аортой решающее значение имеют определение патологии аорты и точные измерения диаметра аорты. Хирургическое вмешательство рекомендуется при расширении аорты 55 мм или 50 мм у пациентов с двустворчатым аортальным клапаном на фоне синдрома Марфана, или 45 мм при наличии дополнительных факторов риска. Для пациентов, у которых есть показания к операции на клапане, диаметр аорты  $\geq 45$  мм считается показанием к сопутствующей операции на аорте.

Идентификация механизма следует тому же принципу, что и при МР по Карпентье. Анализ механизма АР влияет на ведение пациентов, особенно при решении вопроса хирургического вмешательства на клапане и аорте.

Количественная оценка АР проводится с использованием комплексного подхода с учетом качественных, полуколичественных и количественных параметров.

При ЧПЭ с использованием предела Найквиста 50–60 см/с ширина вены контракта (VC) менее 3 мм коррелирует с легкой АР, тогда как ширина более 6 мм указывает на тяжелую АР. На измерение VC влияет несколько факторов, включая наличие нескольких струй. В этой ситуации соответствующие ширины VC не являются аддитивными. Более того, концепция VC основана на предположении, что отверстие регургитации имеет почти круглую форму. Однако отверстие часто имеет эллиптическую или неправильную форму, что приводит к изменению ширины VC в разных позициях. При наличии нескольких струй рекомендуется сообщать ширину VC самой большой струи, хотя этот показатель может недооценивать общую серьезность (АР) в этом контексте. Трехмерное цветное доплеровское эхо является полезным инструментом для адекватной визуализации формы отверстия регургитации с использованием биплановой визуализации для оценки VC в одновременных ортогональных проекциях (сообщается о наибольшем диаметре) или трехмерном масштабировании цветового доплера.

Эхокардиографическая оценка АР должна проводиться с помощью многопараметрического интегративного подхода, который включает данные в форме 2D/3D-изображений корня аорты, аортального клапана и ЛЖ, а также доплеровские измерения тяжести регургитации. Следует приложить усилия для количественной оценки степени регургитации, за исключением случаев

легкой или умеренной АР или случаев, когда АР считается тяжелой по специфическим признакам. Ширина VC и метод PISA являются предпочтительными параметрами, когда это возможно. Дополнительные параметры помогают получить представление о тяжести АР. МРТ является альтернативным методом выбора и должен использоваться, когда результаты эхокардиографии неудовлетворительны или неубедительны или когда существует несоответствие между тяжестью АР и клиническими данными. Эти параметры следует интерпретировать в соответствии с хроническим течением АР и ремоделированием ЛЖ. МРТ может предоставить дополнительную информацию о механизме АР, размерах аорты и наличии локального фиброза.

Наличие и степень кальцификации аорты (т. е. фарфоровой аорты) при компьютерной томографии может ограничивать хирургический подход. Трехмерная ЧПЭ и компьютерная томография сердца с использованием автоматического моделирования обеспечивают точные измерения свободного края створки, высоты створок и высоты коаптации, что может помочь оценить размер трансплантата во время операции на аортальном клапане.

### АОРТАЛЬНЫЙ СТЕНОЗ

Аортальный стеноз является наиболее частым первичным поражением клапана, требующим хирургического или транскатетерного вмешательства. Распространенность этого заболевания быстро растет из-за старения населения.

Аортальный стеноз чаще всего возникает из-за кальциноза нормального трехстворчатого клапана или врожденного двустворчатого клапана. Кальцификация начинается у основания створок и прогрессирует к краям, при этом спайки остаются открытыми. На дегенеративную этиологию приходится 80 % случаев аортального стеноза в западных странах, за которым следует ревматическое заболевание, характеризующееся слиянием спаек и фиброзом, с ретракцией и уплотнением створок. У молодых людей преобладает врожденный стеноз аорты.

Эхокардиография является ключом к подтверждению диагноза и тяжести аортального стеноза, оценке кальцификации клапана, функции ЛЖ и толщины стенки, выявлению других заболеваний клапанов или патологии аорты и предоставлению прогностической информации. Оценку следует проводить, когда артериальное давление хорошо контролируется, чтобы избежать усугубляющих кровотоков эффектов повышенной постнагрузки.

ЧПЭ менее полезна для количественной оценки аортального стеноза, поскольку планиметрия области клапана становится затруднительной при кальцинированных клапанах, но обеспечивает дополнительную оценку сопутствующих аномалий МК.

## ТРАНСКАТЕТЕРНАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА

Эхокардиография играет важную роль на всех этапах процедуры транскатетерной имплантации аортального клапана (TAVI). При рассмотрении возможности проведения процедуры TAVI 3D-ЧПЭ и многосрезовая компьютерная томография хорошо подходят для выбора типа и размера клапана TAVI для пациента, так как позволяют провести оценку размера кольца, анатомии выносящего тракта ЛЖ и корня аорты.

Факторы, оцениваемые при эхокардиографии, влияющие на эффективность процедуры TAVI:

1. Наличие двустворчатого аортального клапана считается относительным противопоказанием для процедуры.

2. Наличие тяжелой степени тяжести АР является противопоказанием для процедуры.

3. Распространенность и степень кальцификации аортального комплекса: кальцификации аортального клапана, корня аорты и ЛЖ могут приводить к параклапанной регургитации и увеличивать вероятность разрыва аорты/кольца; эллиптическая форма кольца/зоны соединения или наличие эксцентрической кальцификации могут приводить к асимметричному раскрытию протеза; кальциноз синотубулярного соединения может препятствовать раздуванию баллона при баллонно-расширяемых клапанах; синусы Вальсальвы должны быть способны вместить нативные створки для избежания осложнений в виде разрыва корня аорты и окклюзии устья левой коронарной артерии, особенно в случае тяжелой кальцификации.

4. Оцениваются параметры фиброзного кольца по 3D-ЧПЭ для определения размера клапана TAVI: наименьший и наибольший диаметры, средний диаметр, площадь и периметр кольца.

5. Оценивается расстояние от фиброзного кольца аортального клапана до устьев коронарных артерий. ЧПЭ также позволяет изучить соотношение длины створки и устья левой коронарной артерии.

6. Наличие сигмовидной перегородки, приводящей к динамической обструкции, считается противопоказанием для TAVI и представляет собой техническую проблему при позиционировании клапана TAVI.

7. Наличие значительного расширения синотубулярного соединения и восходящего отдела аорты имеет процедурные последствия для типа используемого клапана TAVI.

8. Степень тяжести МР, этиология и механизмы ее развития оказывают влияние на эффективность процедуры.

9. Рекомендации Европейского общества кардиологов рассматривают фракцию выброса ЛЖ менее 20 % как противопоказание для TAVI. Низкий индекс ударного объема ЛЖ связан с повышенной смертностью.

10. Наличие гипертрофической кардиомиопатии и/или тромба ЛЖ является противопоказанием к TAVI.

11. Наличие тяжелой легочной гипертензии и дисфункция правого желудочка (ПЖ) рассматривается как противопоказание к TAVI.

При принятии решения о типе и размере клапана TAVI учитываются анатомические особенности аортального комплекса.

## **ЧРЕСПИЩЕВОДНАЯ ЭХОКАРДИОГРАФИЯ В ОЦЕНКЕ МИТРАЛЬНОГО КЛАПАНА**

Нормальная функция МК зависит от оптимальной функции сложного взаимодействия створок МК, подклапанного аппарата (сухожильных хорд и сосочковых мышц), митрального кольца, левого предсердия и ЛЖ. Двумерная ТТЭ и ЧПЭ являются основными методами, используемыми для точной оценки морфологии МК.

При проведении эхокардиографического исследования митрального клапанного аппарата оценивают:

- наличие или отсутствие избыточности створок, степень сегментарного пролабирования створок;
- ограничение раскрытия створок;
- высоту створок, которая указывает на вероятную адекватность коаптации;
- подвижность/податливость, толщину и целостность створок;
- диаметры фиброзного кольца;
- сокращение митрального кольца (уменьшение площади кольца в систолу), что в норме составляет 25 %;
- наличие и степень кальцификации;
- наличие вегетаций и их эхокардиографическая оценка;
- наличие или отсутствие митрально-аннулярной дизъюнкции (МАД);
- механизм развития МР.

Нормальная толщина створки составляет < 5 мм в диастолу, а степень перекрытия створок в точке коаптации должна быть > 5 мм для компетентного клапана. Митральное кольцо является ключевым компонентом МР, особенно при функциональной МР. Дилатацию митрального кольца рассматривают, когда соотношение между кольцом и передней створкой превышает 1,3 (определяется в парастеральной позиции по длинной оси в середине диастолы при ТТЭ) и дилатация кольца превышает 35 мм.

МАД представляет собой аномальное предсердное смещение митральной створки от миокарда желудочка. Без МАД митральное кольцо остается

прикрепленным к миокарду/эндокарду предсердий и желудочков (рис. 2, 3). В настоящее время клинически значимым является определение МАД задней створки МК.

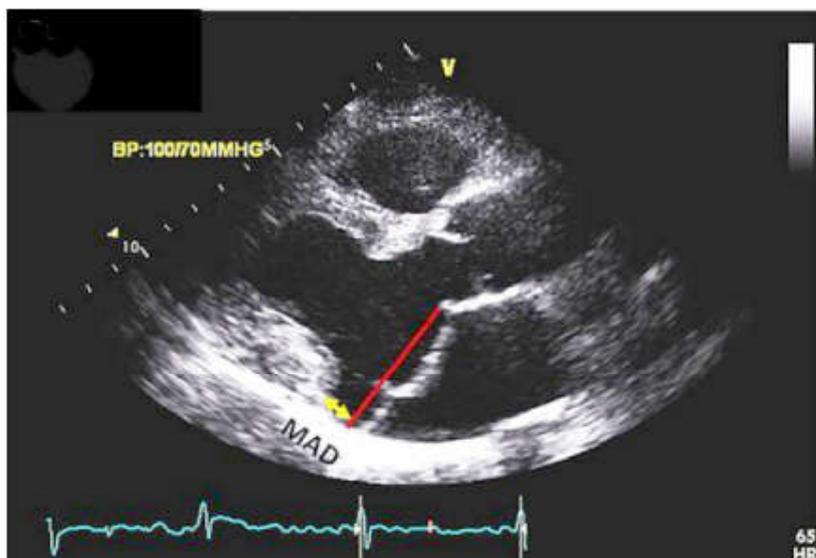


Рис. 2. Наличие митрально-аннулярной дизъюкции



Рис. 3. Отсутствие митрально-аннулярной дизъюкции

Верхний предел МАД определяется на уровне прикрепления задней створки к кольцу/стенке левого предсердия, тогда как нижняя граница определяется на уровне миокарда ЛЖ. МАД можно дополнительно оценить с помощью 2D/3D-ЧПЭ при наличии показаний по другим причинам (например, предоперационное обследование) или в случаях неубедительной ТТЭ.

Диагностически точные значения для МАД, согласно экспертному консенсусу Европейской ассоциации по аритмологии Европейского общества кардиологов 2022 года, определены при ТТЭ более 6 мм и при ЧПЭ более 4 мм.

### МИТРАЛЬНАЯ РЕГУРГИТАЦИЯ

Механизм МР определяет терапевтический и хирургический подходы. Для определения степени тяжести МР рекомендуется интегративный подход, включающий качественные, полуколичественные и количественные измерения МР (помимо количественной оценки размеров ЛЖ и левого предсердия). 3D-ЧПЭ показала лучшее сопоставление с результатами МРТ сердца при количественном определении объема регургитации, чем 2D-эхокардиография, особенно при эксцентрических, множественных и позднесистолических струях регургитации. МРТ сердца является допустимой альтернативой для количественной оценки объема регургитации и эталонным стандартом для количественной оценки объемов ЛЖ и левого предсердия.

В зависимости от этиологии МР классифицируется:

- 1) на физиологическую;
- 2) патологическую, в которой различают:
  - первичную (органическую или структурную) — наличие внутренних аномалий створки и/или подклапанного аппарата;
  - вторичную (функциональную или неструктурную) — когда анатомия МК нормальна, но имеются изменения со стороны ЛЖ (желудочковая функциональная МР) и/или левого предсердия (предсердная или атриогенная функциональная МР), нарушающие нормальную функцию клапана;
  - смешанную — характеризуется сочетанием как первичной, так и вторичной этиологии.

В 2007 г. в 3D-эхокардиографии получил широкое развитие метод MVQ (mitral valve quantification), позволяющий построить компьютерную модель МК и произвести точные расчеты площади митрального кольца, длины коаптации створок, соотношение плоскости смыкания МК с плоскостью фиброзного кольца, углов, образованных обеими створками МК и плоскостью фиброзного кольца, объем тентинга, высоту кольца МК, локализацию и высоту пролапса створки (рис. 4). Все эти данные, полученные из модели, помогают лучше понять механизм образования МР и дают хирургу ценную информацию о проведении дальнейшей операции на МК.

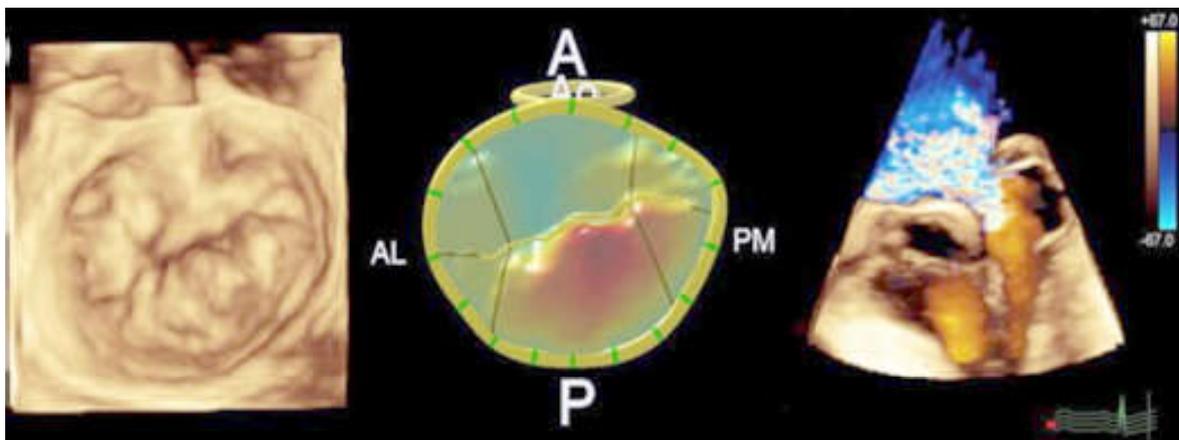


Рис. 4. 3D-реконструкция митрального клапана

Основные параметры МК, измеряемые с помощью MVQ:

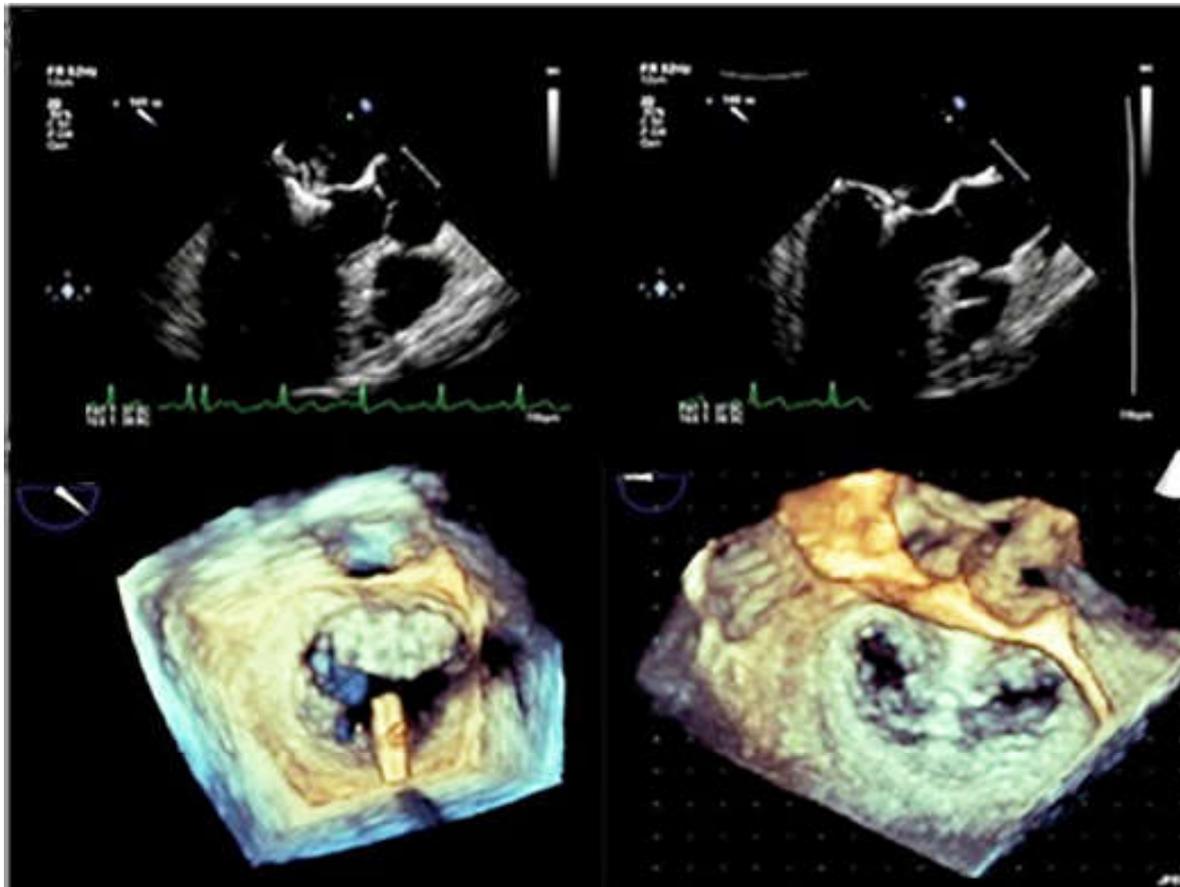
- диаметр фиброзного кольца от переднебоковой до заднебоковой стенки;
- диаметр фиброзного кольца от передней до задней стенки;
- площадь фиброзного кольца;
- высота фиброзного кольца;
- угол и площадь передней створки;
- угол и площадь задней створки;
- непланарный угол створок;
- высота и объем тента;
- высота и объем пролапса;
- длина хорд папиллярных мышц.

Одной из наиболее изученных и широкодоступных транскатетерных методик лечения МР является применение системы MitraClip. К преимуществам устройства относятся универсальность и безопасность его использования у пациентов высокого хирургического риска. Суть метода заключается в сближении средних сегментов передней и задней створок МК при помощи одной или более клипс (рис. 5). Устройство имеет трансвенозную систему доставки, которая заводится в правое, а затем посредством пункции межпредсердной перегородки в левое предсердие. Далее осуществляются захват заинтересованных сегментов створок и оценка результирующей МР по данным ЧПЭ. Все внутрисердечные манипуляции, в том числе пункция межпредсердной перегородки, позиционирование и захват створок, осуществляются с использованием эхокардиографии-навигации.

Всем потенциальным кандидатам на лечение с помощью MitraClip необходима предпроцедурная 2D-ЧПЭ и 3D-ЧПЭ с целью:

- подтверждения результатов ТТЭ и оценки тяжести МР, особенно в сложных случаях;
- идентификации сегментов клапана, обнаружения расщелин, щелей и перфораций, а также оценки размеров и формы кольца МК;

- оценки длины задней створки, толщины створок, мобильности створок по Карпентье, площади МК;
- оценки глубины коаптации и коаптационной длины;
- оценки распространенности кальцификации;
- оценки всех легочных вен;
- идентификации потоков МР.



*Рис. 5. Система MitraClip*

### **МИТРАЛЬНЫЙ СТЕНОЗ**

Основной этиологией митрального стеноза остается ревматизм с комиссуральным сращением, укорочением митральных хорд и утолщением створок. Митральный стеноз также может быть вызван дегенеративными причинами, но основным поражением является кальцификация митрального кольца.

Точная оценка анатомии клапанного и подклапанного аппарата имеет решающее значение при митральном стенозе для выбора между протезированием клапана и чрескожной митральной комиссуротомией.

Комплексная оценка морфологии клапана важна для стратегии лечения. Для помощи в оценке анатомии МК были разработаны системы оценки с учетом утолщения створок клапана, подвижности створок, степени кальцификации, подклапанной деформации и поражения комиссуральных зон (шкалы Уилкинсона и Кормье).

Противопоказаниями к чрескожной митральной комиссуротомии при ревматическом митральном стенозе являются:

- площадь МК > 1,5 см;
- тромб левого предсердия;
- умеренная или тяжелая МР;
- тяжелая или бикомиссуральная кальцификация;
- отсутствие комиссурального сращения;
- тяжелая сопутствующая болезнь аортального клапана или тяжелый комбинированный трикуспидальный стеноз и регургитация, требующая хирургического вмешательства.

У пациентов с дегенеративным митральным стенозом планиметрия митрального кольца менее надежна из-за диффузного кальцифицирования и неправильной формы отверстия. Оценка среднего трансмитрального градиента имеет прогностическое значение.

## **ЧРЕСПИЩЕВОДНАЯ ЭХОКАРДИОГРАФИЯ В ОЦЕНКЕ ТРИКУСПИДАЛЬНОГО КЛАПАНА**

Клапанный комплекс трикуспидального клапана аналогичен митральному, но имеет большую вариативность. Он состоит из кольца, створок, сосочковых мышц и сухожильных хорд. Трикуспидальный клапан (ТК) имеет три створки разного размера: передняя створка обычно самая крупная и простирается от воронкообразной области спереди до нижнебоковой стенки сзади; перегородочная створка простирается от межжелудочковой перегородки до задней границы желудочка; задняя створка прикрепляется вдоль заднего края кольца от перегородки до нижнелатеральной стенки. Прикрепление перегородочной створки ТК обычно апикальнее относительно перегородочного прикрепления передней митральной створки. Лишь в 54 % случаев ТК имеет истинно трехстворчатое строение. Нормальная толщина створки составляет < 1 мм в диастолу, а степень перекрытия створок в точке коаптации должна быть > 5 мм для компетентного клапана.

Нормальный диаметр трикуспидального кольца у взрослых составляет (28 ± 5) мм в четырехкамерной позиции. Значительное расширение кольца ТК определяется диастолическим диаметром ≥ 40 мм (≥ 21 мм/м<sup>2</sup>). Нормальное сокращение (уменьшение площади кольца в систолу) кольца ТК состав-

ляет 25 %. Эти пороговые значения по-прежнему определяются на основе 2D-эхокардиографии.

ЧПЭ для оценки ТК обычно сложнее, чем для МК. ЧПЭ возможна при четырехкамерной проекции под углом  $0^\circ$  в базальных плоскостях чреспещеводного и пищеводно-желудочного перехода. ЧПЭ представляет интерес для диагностики эндокардита, инфицирования венозных катетеров и кардиостимуляторов, а также визуализации травматического разрыва ТК. Однако редко удается визуализировать с помощью 2D-ЭхоКГ три створки одновременно (обычно из модифицированной подреберной проекции). Поэтому обозначение отдельных лепестков ТК следует производить с осторожностью, если не получить одновременный просмотр всех трех створок. На короткой оси створка, прилегающая к аорте, представляет собой либо перегородочную, либо переднюю створку, а створка, прилегающая к свободной стенке ПЖ, обычно является задней створкой. При апикальной четырехкамерной проекции больше уверенности: передняя створка находится на свободной стенке, а септальная створка прилегает к перегородке.

3D-ЧПЭ стало важным инструментом для оценки морфологии ТК, позволяя одновременно визуализировать три створки, движущиеся во время сердечного цикла, их спайки и их прикрепление к кольцу ТК. Трехстворчатое кольцо образует неплоскую структуру эллиптической седловидной формы, имеющую две высокие точки (ориентированные вверх по направлению к правому предсердию) и две нижние точки (ориентированные вниз по направлению к ПЖ, что лучше всего видно в середине систолы).

### **ТРИКУСПИДАЛЬНАЯ РЕГУРГИТАЦИЯ**

Наиболее распространенной причиной патологической трикуспидальной регургитации (ТР) является не первичное заболевание ТК (органическая ТР), а нарушение коаптации створок (вторичная или функциональная ТР), вызванное дилатацией ПЖ и/или кольца ТК из-за заболеваний левосторонних клапанов сердца, легочной гипертензии, врожденных пороков сердца, мерцательной аритмии и кардиомиопатии. Смешанная ТР характеризуется сочетанием как первичной, так и вторичной этиологии.

Классификация Карпентье остается наиболее часто используемой функциональной классификацией при ТР.

Кроме этого, для определения дальнейшей тактики ведения пациентов в 2021 г. предложена F. Praz et al. современная патофизиологическая классификация ТР, в которой различают:

- 1) первичную ТР;
- 2) вторичную:
  - предсердную (атриогенную);

- желудочковую (вентрикулярную);
- ТР, связанную с имплантируемыми электронными устройствами (CIED-related, ИЭУ-связанная ТР, связанная с эндокардиальным электродом), которую классифицируют на первичную и вторичную ТР;

3) смешанную.

Причины первичной ТР включают инфекционный эндокардит (особенно у наркоманов, вводящих наркотик внутривенно), ревматическую болезнь сердца, карциноидный синдром, миксоматозную болезнь, эндомиокардиальный фиброз, врожденную дисплазию клапана (например, аномалию Эбштейна), торакальную травму и ятрогенное повреждение клапана.

Функциональная ТР представляет собой 90 % этиологий, и ее тяжесть следует оценивать не только с помощью доплерографии, но и с помощью комплексной оценки всего клапанного аппарата.

Вторичная ТР в большинстве случаев связана с дисфункцией левостороннего клапана или миокарда, тогда как она изолированно встречается у 8,1 % пациентов.

Фибрилляция предсердий вызывает ремоделирование кольца даже при отсутствии поражения левых отделов сердца. Имплантация электродов в сердце приводит к прогрессирующей ТР у 20–30 % пациентов и прогнозирует ее прогрессирование с течением времени.

Эхокардиографическая оценка тяжести ТР основана на интегративном подходе с учетом множества качественных и количественных параметров. Из-за некруглой и неплоской формы отверстия регургитации в дополнение к обычному 2D-измерению следует учитывать ширину контрактной вены в двух плоскостях. Аналогичным образом может возникнуть недооценка тяжести ТР по методу PISA. При вторичной ТР площадь тентинга, измеренная в середине систолы из апикальной четырехкамерной проекции, более 1 см<sup>2</sup> связана с тяжелой ТР.

Недавно была предложена новая схема классификации ТР по степени тяжести, включающая две дополнительные степени («массивная» и «проливная») (табл. 2).

Таблица 2

**Классификация трикуспидальной регургитации по степени тяжести**

Критерий	Незначительная/ легкая (mild)	Умеренная (moderate)	Выраженная/ тяжелая (severe)	Массивная (massive)	Проливная (total)
VC (бипланово), мм	< 3	3–6,9	7–13	14–20	≥ 21
PISA, мм	< 5	6–9	> 9	–	–
EROA, мм <sup>2</sup>	< 20	20–39	40–59	60–79	≥ 80

Критерий	Незначительная/ легкая (mild)	Умеренная (moderate)	Выраженная/ тяжелая (severe)	Массивная (massive)	Проливиная (total)
Объем регургитации, мл	< 15	15–44	45–59	60–74	≥ 75
Фракция регургитации 3D (МРТ) <sup>1</sup> , %	< 25 (30) <sup>1</sup>	25–44 (30–49) <sup>1</sup>	≥ 45 (50) <sup>1</sup>	–	–
3D VCA <sup>2</sup> , мм <sup>2</sup>	–	–	75–94	95–114	≥ 115

<sup>1</sup>Значения для МРТ сердца; <sup>2</sup>площадь вены контракты.

Умеренная или тяжелая ТР наблюдается у 0,55 % общей популяции, а ее распространенность увеличивается с возрастом, поражая около 4 % пациентов в возрасте 75 лет и старше. Этиология ТР в более 90 % случаев является вторичной из-за перегрузки давлением и/или объемом, опосредованной дилатацией ПЖ или увеличением правого предсердия и кольца ТК вследствие хронической фибрилляции предсердий.

ТР — высокодинамичная патология, при которой на тяжесть ТР большое влияние оказывают преднагрузка, постнагрузка и сократимость ПЖ, а также дыхание. Влияние условий нагрузки, респираторных изменений и гемодинамики правых отделов сердца следует учитывать при последовательной оценке ТР.

Важно отметить, что оценка легочного давления с использованием доплеровского градиента может оказаться невозможной или может привести к недооценке тяжести легочной гипертензии при наличии тяжелой ТР, что оправдывает катетеризацию сердца для оценки сопротивления легочных сосудов.

### Трикуспидальный стеноз

Стеноз ТК часто сочетается с ТР и чаще всего имеет ревматическое происхождение. Поэтому стеноз ТК обычно связан с поражением левостороннего клапана, особенно с митральным стенозом. Другие причины встречаются редко и включают врожденные, карциноидные и лекарственные заболевания клапанов, болезнь Уиппла, эндокардит и большую опухоль правого предсердия.

Эхокардиография дает наиболее полезную информацию. Стеноз ТК часто игнорируется и требует тщательного обследования. Эхокардиографическая оценка анатомии клапана и подклапанного аппарата важна для оценки возможности восстановления клапана. Общепринятой классификации степени тяжести стеноза ТК не существует, но средний эхокардиографический трансклапанный градиент  $\geq 5$  мм рт. ст. при нормальной частоте сердечных сокращений считается показателем значительного стеноза ТК.

## ТРАНСКАТЕТЕРНАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ ТРИКУСПИДАЛЬНОГО КЛАПАНА

Вмешательство на ТК обычно проводится одновременно с процедурами по поводу поражения левого клапана у пациентов, у которых есть симптомы, несмотря на медикаментозную терапию. Хотя отсутствие гибкой ткани створок является основным ограничением для восстановления клапана, выбор между восстановлением и заменой зависит от анатомии и хирургического опыта.

Внедрение транскатетерных вмешательств на ТК (ТТВИ) значительно повысило осведомленность и внимание к оценке морфологии трикуспидального клапанного комплекса и механизму развития ТР. Было внедрено несколько транскатетерных методов лечения ТР.

В настоящее время не существует конкретных общественных (европейских или американских) рекомендаций относительно использования эхокардиографии при ТТВИ. Тем не менее существует несколько опубликованных документов от имени Европейской ассоциации сердечно-сосудистой визуализации (ЕАСВИ) и Американского общества эхокардиографии (АСЕ), в которых описывается использование эхокардиографии при заболеваниях ТК и для количественной оценки правых камер сердца. Эхокардиография является золотым стандартом неинвазивного метода визуализации, позволяющего контролировать ТТВИ.

Ключевые правила визуализации и спецификации для ТТВИ:

- подтверждение результатов ТТЭ с оценкой тяжести ТР, особенно в сложных случаях;
- оценка морфологии клапана с идентификацией створок клапана, обнаружением расщелин, щелей и перфораций, а также оценка размеров, формы и площади кольца ТК;
- оценка длины, толщины, мобильности створок по Карпентье;
- оценка глубины коаптации и коаптационной длины, определение высоты и площади тентинга, объема тентинга по 3D;
- оценка расстояния между устьями полых вен и фиброзным кольцом;
- определение расположения правой коронарной артерии по отношению к плоскости фиброзного кольца ТК;
- идентификация потоков ТР;
- оценка легочной гипертензии.

## **ЧРЕСПИЩЕВОДНАЯ ЭХОКАРДИОГРАФИЯ В ОЦЕНКЕ КЛАПАНА ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИИ**

Роль ЧПЭ в оценке клапана легочной артерии ограничена из-за расположения клапана вдали от датчика. Виды, обеспечивающие максимальную визуализацию клапана легочной артерии, включают визуализацию в горизонтальной плоскости на уровне короткой оси аортального клапана (проекция притока-оттока) и глубокую проекцию желудка в плоскости визуализации  $120^\circ$  (проекция оттока).

МРТ сердца в настоящее время является лучшим методом количественной оценки легочной регургитации, ремоделирования и функции ПЖ у пациентов со значительной легочной регургитацией и врожденным пороком сердца.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease: Developed by the Task Force for the management of valvular heart disease of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) / A. Vahanian [et al.] // Eur. Heart J. – 2022. – Vol. 43, № 7. – P. 561–632.*
2. *2023 ESC Guidelines for the management of endocarditis: Developed by the task force on the management of endocarditis of the European Society of Cardiology (ESC) Endorsed by the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) and the European Association of Nuclear Medicine (EANM) / V. Delgado [et al.] // Eur. Heart J. 2023. – Vol. 44, № 39. – P. 3948–4042.*
3. *AHA/ACCF/HRS Recommendations for the Standardization and Interpretation of the Electrocardiogram. Part III: Intraventricular Conduction Disturbances: A Scientific Statement From the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on Clinical Cardiology; the American College of Cardiology Foundation; and the Heart Rhythm Society: Endorsed by the International Society for Computerized Electrocardiology / B. Surawicz [et al.] // Circulation. – 2009. – Vol. 119, № 10. – P. e235–e240.*
4. *EHRA expert consensus statement on arrhythmic mitral valve prolapse and mitral annular disjunction complex in collaboration with the ESC Council on valvular heart disease and the European Association of Cardiovascular Imaging endorsed by the Heart Rhythm Society, by the Asia Pacific Heart Rhythm Society, and by the Latin American Heart Rhythm Society / A. Sabbag [et al.] // Europace. – 2022. – Vol. 24, № 12. – P. 1981–2003.*
5. *Safety of transesophageal echocardiography / J. N. Hilberath [et al.] // J. of the Am. Soc. of Echocardiogr. – 2010. – Vol. 23, № 11. – P. 1115–1127.*
6. *Multi-modality imaging assessment of native valvular regurgitation: an EACVI and ESC council of valvular heart disease position paper / P. Lancellotti [et al.] ; Scientific Document Committee of the European Association of Cardiovascular Imaging // Eur. Heart J. of Cardiovasc. Imaging. – 2022. – Vol. 23, № 5. – P. e171–e232.*
7. *The ESC Textbook of Cardiovascular Medicine / A. J. Camm [et al.]. – 3rd ed. – Oxford : Oxford University. 2019. – 3162 p.*
8. *Алехин, М. Н. Чреспищеводная эхокардиография / М. Н. Алехин. – М. : Видар, 2014. – 256 с.*
9. *Ультразвуковая анатомия и чреспищеводная трехмерная эхокардиография в хирургии митрального клапана (обзор литературы) / Л. А. Бокерия [и др.] // Креативная кардиология. – 2014. – № 4. – С. 65–75.*
10. *Жерко, О. М. Клиническая трансторакальная эхокардиография : практ. руководство для врачей / О. М. Жерко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Альфакнига, 2016. – 840 с.*
11. *Транскатетерная пластика митрального клапана по методу «край-в-край» у больных с митральной регургитацией тяжелой степени (результаты исследования «Mitraclip Russia») / Т. Э. Имаев [и др.] // Российский кардиологический журнал. – 2022. – Т. 27, № 2. – С. 83–91.*

12. *Отто, К. М.* Клиническая эхокардиография : практ. руководство : пер. с англ. / К. М. Отто ; под общ. ред. В. А. Сандрикова. – 5-е изд. – М. : Логосфера, 2019. – 1320 с.

13. *Чреспищеводная* эхокардиография в интраоперационном и реанимационном периодах в кардиохирургии / В. А. Сандриков [и др.] // Анестезиология и реаниматология. – 2017. – № 4. – С. 282–285.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
Возможности и ограничения чреспищеводной эхокардиографии .....	4
Чреспищеводная эхокардиография в оценке аортального клапана .....	8
Аортальная регургитация.....	9
Аортальный стеноз.....	11
Транскатетерная имплантация аортального клапана .....	12
Чреспищеводная эхокардиография в оценке митрального клапана.....	13
Митральная регургитация.....	15
Митральный стеноз .....	17
Чреспищеводная эхокардиография в оценке трикуспидального клапана .....	18
Трикуспидальная регургитация.....	19
Трикуспидальный стеноз.....	21
Транскатетерная имплантация трикуспидального клапана .....	22
Чреспищеводная эхокардиография в оценке клапана легочной артерии .....	23
Список использованной литературы.....	24

Учебное издание

**Жарихина** Марина Петровна  
**Шкребнёва** Элина Ивановна  
**Панкина** Анна Николаевна  
**Адашкевич** Инесса Михайловна

# **ЧРЕСПИЩЕВОДНАЯ ЭХОКАРДИОГРАФИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ПАТОЛОГИИ КЛАПАНОВ СЕРДЦА**

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск А. М. Пристром  
Редактор А. В. Лесив  
Компьютерная вёрстка А. В. Янушкевич

Подписано в печать 21.02.25. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Марафон Бизнес».

Ризография. Гарнитура «Times».

Усл. печ. л. 1,63. Уч.-изд. л. 1,15. Тираж 50 экз. Заказ 98.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования  
«Белорусский государственный медицинский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/187 от 24.11.2023.

Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.