

# Трехмерная и четырехмерная эхокардиография. Клинические возможности метода

М.К.Рыбакова<sup>✉</sup>, В.В.Митьков

ГБОУ ДПО Российская медицинская академия последипломного образования Минздрава России. 123995, Россия, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1

В статье рассматриваются вопросы практического применения новейших современных технологий ультразвуковой диагностики в эхокардиографии – трехмерного моделирования сердца и четырехмерной реконструкции. Подробно проанализированы и проиллюстрированы основные направления использования данных технологий в клинической практике. Показаны существующие и потенциальные возможности методик трех- и четырехмерной эхокардиографии в рамках современной ультразвуковой диагностики в практическом здравоохранении.

**Ключевые слова:** эхокардиография, трехмерная эхокардиография, четырехмерная эхокардиография.

<sup>✉</sup>rybakova-echo@yandex.ru

**Для цитирования:** Рыбакова М.К., Митьков В.В. Трехмерная и четырехмерная эхокардиография. Клинические возможности метода. Consilium Medicum. 2015; 17 (5): 80–84.

## 3D and 4D Echocardiography. Using in clinical practice

М.К.Rybakova<sup>✉</sup>, V.V.Mit'kov

Russian Medical Academy for Postgraduate Education of the Ministry of Health of the Russian Federation. 123995, Russian Federation, Moscow, ul. Barrikadnaia, d. 2/1

Practical use of 3D and 4D Echocardiography is discussed in the article. Interesting clinical cases are illustrated the main principles of using of this technologies in Echocardiography. Current value and potential advantages of 3D and 4D Echocardiography in clinical practice are shown as well.

**Key words:** echocardiography, 3D echocardiography, 4D echocardiography.

<sup>✉</sup>rybakova-echo@yandex.ru

**For citation:** Rybakova M.K., Mit'kov V.V. 3D and 4D Echocardiography. Using in clinical practice. Consilium Medicum. 2015; 17 (5): 80–84.

Современная эхокардиография (ЭхоКГ) как нельзя лучше отражает возможности и состояние передовых компьютерных технологий. С развитием и усовершенствованием последних на рынке ультразвуковой аппаратуры появилось несколько приборов, позволяющих проводить исследование сердца в режимах трехмерной реконструкции и четырехмерного моделирования в реальном времени.

Первые попытки получить изображение сердца в объеме предпринимались фирмами – производителями ультразвуковой аппаратуры еще в начале 1990-х годов. Аналоговый ультразвуковой прибор совмещали с компьютером, переносили ультразвуковое изображение в В-режиме с прибора в компьютер и затем проводили реконструкцию сердца в объеме. Преимущественно моделировали левый желудочек (ЛЖ) и автоматически оценивали параметры его систолической функции. С появлением цифровых ультразвуковых приборов процесс анализа упростился и качество моделирования существенно возросло.

Появление на рынке ультразвуковых приборов матричных датчиков позволило проводить последовательно исследование в стандартных режимах и в режиме трехмерной ЭхоКГ одним датчиком.

Необходимо понимать разницу между трехмерным эхокардиографическим исследованием и четырехмерной реконструкцией. **Трехмерная ЭхоКГ** – это получение трехмерного изображения сердца или кровотока в сердце или магистральных сосудах в реальном времени [1]. **Четырехмерное моделирование** – это постобработка и анализ полученных ультразвуковых изображений и реконструкция зоны интереса в объеме, например построение измененного клапана в объеме. Четырехмерное моделирование требует времени [2]. Как правило, использование технологий трех- и четырехмерной ЭхоКГ необходимо при проведении исследования у диагностически трудных больных [3].

### Возможности трехмерной ЭхоКГ в клинической практике

- Оценка систолической функции ЛЖ в реальном времени и анализ ее параметров с построением модели ЛЖ в объеме и количественной оценкой глобальной и локальной сократимости.
- Детальная оценка состояния клапанов сердца при наличии порока с моделированием отверстия клапана.
- Оценка состояния протезированного клапана или окклюдера.
- Оценка врожденных пороков сердца, в том числе с шунтированием крови.
- Оценка объемных образований сердца и средостения, включая вегетации при инфекционном эндокардите.
- Оценка больных с патологией перикарда и плевры.
- Оценка отслойки интимы аорты.

Рис. 1. Трехмерный анализ локальной и глобальной сократимости миокарда ЛЖ.

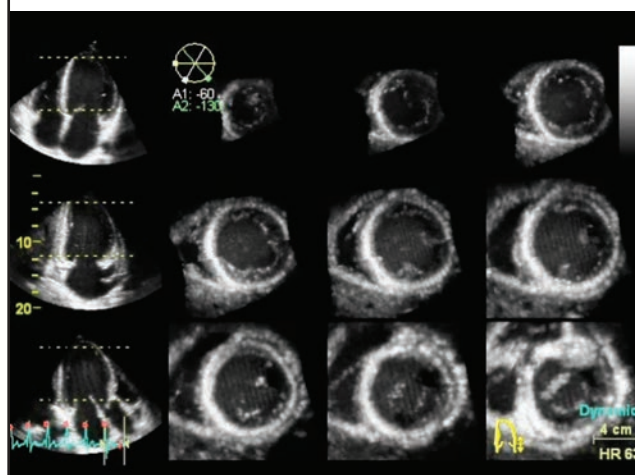


Рис. 2: а – трехмерное моделирование при ревматическом митральном стенозе. Хорошо видны концы створок клапана; б – четырехмерное моделирование миксоматозно измененного митрального клапана. Результат анализа данных чреспищеводного исследования; в – трехмерное моделирование измененного аортального клапана. Результат анализа данных чреспищеводного исследования.

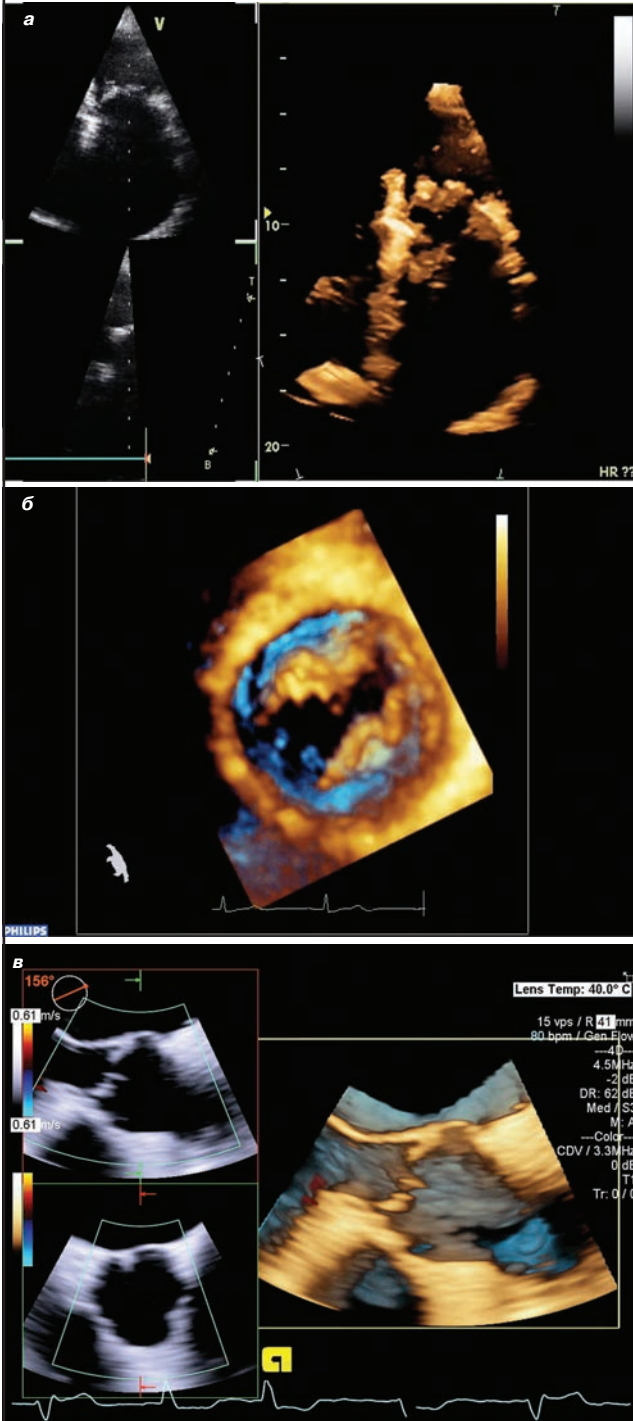


Рис. 3. Чреспищеводная ЭхоКГ. Тень механического дискового протеза в митральной позиции. Свежие пролабирующие вегетации небольших размеров на стойке протеза со стороны левого предсердия. Атриомегалия. Эффект спонтанного контрастирования крови в левом предсердии. Оценка состояния данного протезированного клапана сердца невозможна без чреспищеводного исследования. Трех- или четырехмерная ЭхоКГ позволяет уточнить характер поражения.

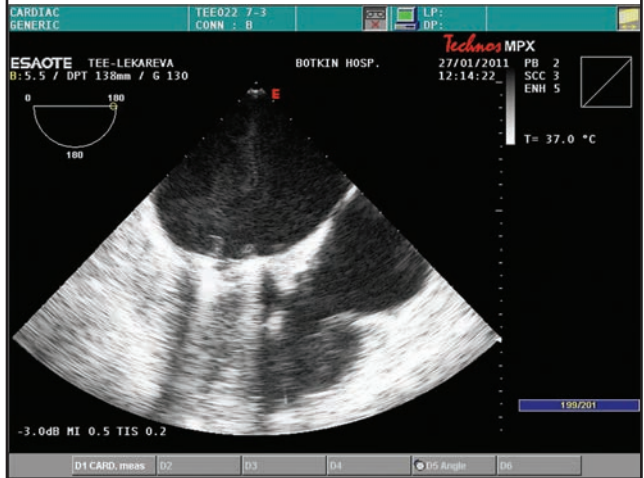
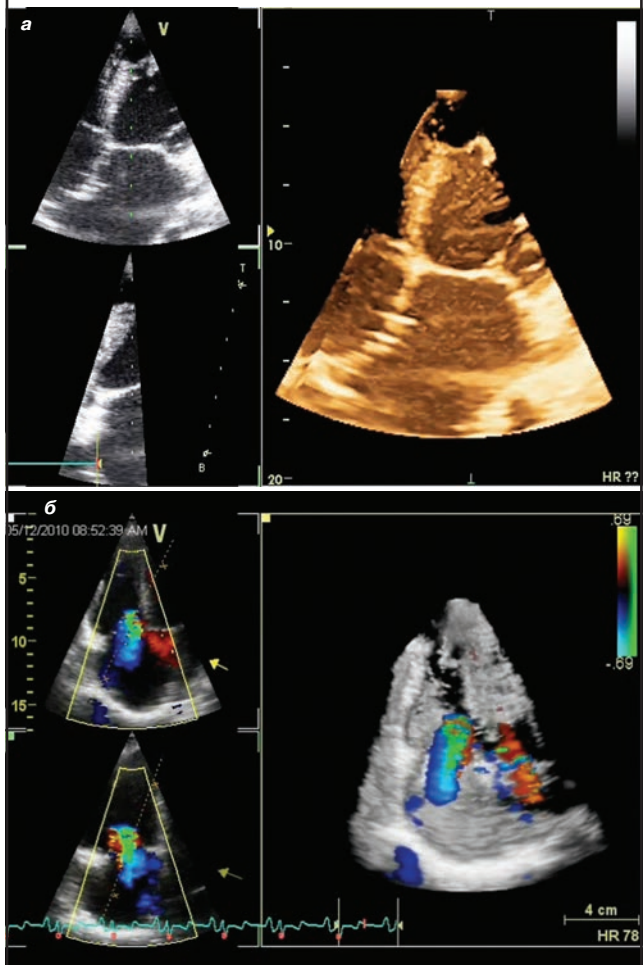


Рис. 4. Трехмерное моделирование: а – мышечный дефект межжелудочковой перегородки в области апикального отдела. Хорошо видны края дефекта; б – поток трикуспидальной регургитации у больного с корригированным врожденным пороком.



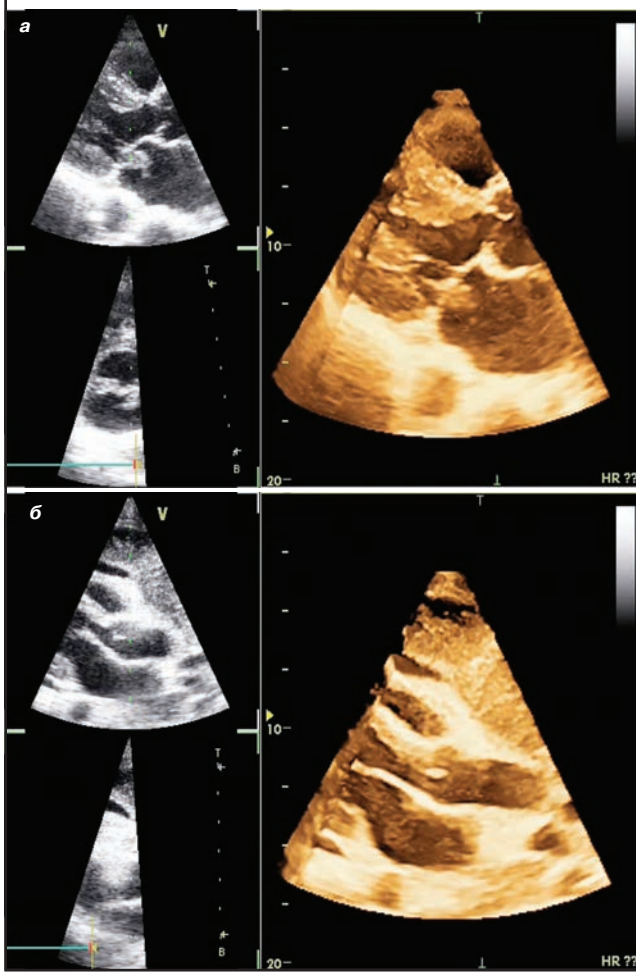
- Оценка больных с осложнениями ишемической болезни сердца (ИБС).
- Расчеты объемных показателей клапанной регургитации и шунтов.

Рассмотрим каждый из этих пунктов в отдельности.

**Оценка систолической функции ЛЖ в реальном времени и анализ ее параметров с построением модели ЛЖ в объеме и количественной оценкой глобальной и локальной сократимости.** Практически ежедневно при проведении эхокардиографического исследования на потоке врач сталкивается с проблемой трудного пациента, когда возникает проблема с визуализацией

границы «эндокард–кровь» и расчеты параметров систолической функции оказываются далеки от реальности. Трехмерная ЭхоКГ позволяет точно проводить данные расчеты, учитывая тот факт, что прибор моделирует полость ЛЖ и проводит анализ объема желудочков в систолу

**Рис. 5.** Трехмерное моделирование у больного: а – с острыми вегетациями на митральном клапане на фоне миксоматозной дегенерации; б – с лимфомой переднего и верхнего средостения.

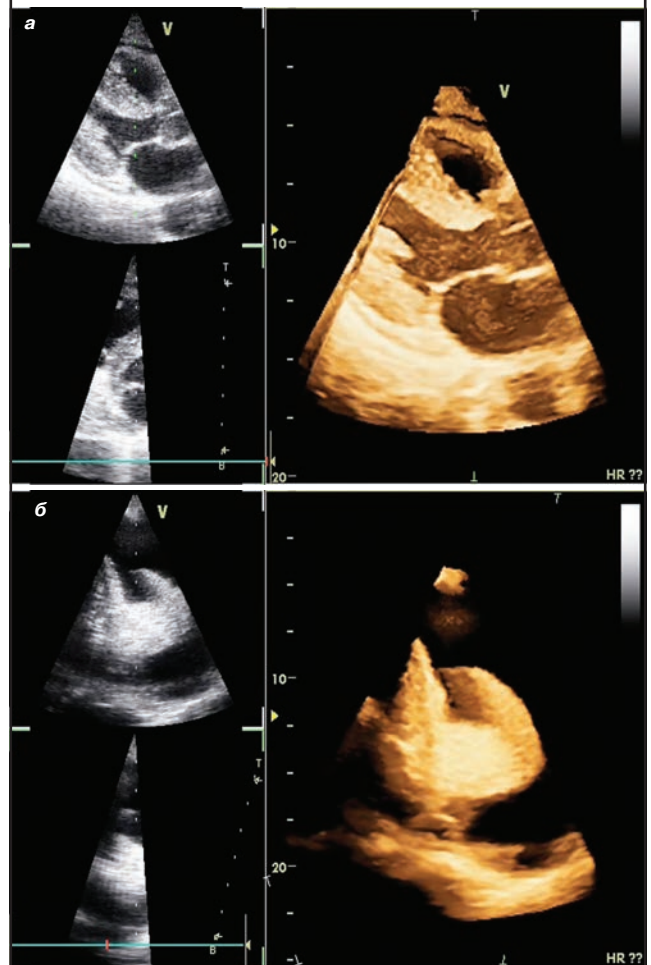


и в диастолу в реальном времени, используя уравнение дисков (рис. 1). В настоящее время разработаны программы для количественной оценки деформации сегментов миокарда ЛЖ в объеме, что также повышает качество диагностики (Speckle Tracking).

**Детальная оценка состояния клапанов сердца при наличии порока с моделированием отверстия клапана.** При исследовании больных с клапанными пороками сердца нередко возникает проблема с достоверностью расчетов площади отверстия клапана. Обычно данная проблема связана с нарушениями ритма сердца (мерцательная аритмия или частая экстрасистолия), которые часто наблюдаются у данной категории больных, плохим ультразвуковым окном, асимметричным потоком при стенозе или регургитации, затрудняющими расчет. Трех- и четырехмерное исследование состояния клапана позволяет избежать ошибок в расчетах (рис. 2).

**Оценка состояния протезированного клапана или окклюдера.** Проблема в оценке состояния протезированного клапана сердца при стандартном эхокардиографическом исследовании знакома всем специалистам по ЭхоКГ. Чреспищеводное исследование позволяет исключить наличие даже небольших тромбов и вегетаций на протезе. Более подробная информация о состоянии протеза возможна на основании реконструкции результатов чреспищеводного исследования протезированного клапана сердца (рис. 3). В настоящее время данная технология активно используется в кардиохирургии. Оценка эффективности окклюдера при закрытии дефектов перегородок также возможна данным методом.

**Рис. 6.** Трехмерное моделирование: а – сердце у больного с незначительным количеством жидкости в полости перикарда по передней стенке правого желудочка; б – плевра слева у больного с большим количеством жидкости в плевральной полости и коллабированным легким. Наложения фибрина на висцеральном листке плевры.



**Оценка врожденных пороков сердца.** Трехмерная технология позволяет до операции провести реконструкцию дефекта перегородки, измененного клапана, шунта и т.д. Таким образом, удастся точнее разработать оперативную тактику в отношении больного и точнее подобрать окклюдер, протез или заплату и т.д. Трехмерная реконструкция кровотока позволяет автоматически рассчитать объем шунта или регургитации, что также улучшает качество исследования (рис. 4).

**Оценка объемных образований сердца и средостения, включая вегетации при инфекционном эндокардите.** Больные с объемными образованиями сердца и средостения часто встречаются в практике эхокардиографиста. Очевидно, что детальная оценка характера образования, его размеров, локализации, связи с окружающими структурами сердца и средостения может помочь в постановке диагноза и выборе тактики ведения больного (рис. 5).

**Оценка больных с патологией перикарда и плевры.** В ряде случаев у исследователя возникает проблема с диагностикой патологической жидкости в полости перикарда при ее незначительном количестве. Трехмерное исследование позволяет сразу выявить наличие патологической жидкости в полости перикарда (рис. 6, а) При исследовании плевральных полостей и патологической жидкости в них удастся уточнить характер и количество жидкости, а также провести анализ состояния плевры и дифференциальную диагностику наличия или отсутствия объемных образований в плевре (рис. 6, б).

Рис. 7. Трехмерное моделирование сердца у больного с отслойкой интимы аорты в грудном восходящем отделе.

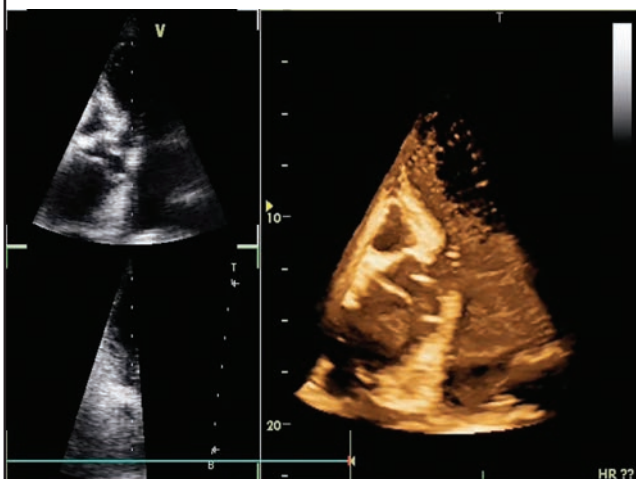


Рис. 8. Трехмерное моделирование сердца у больного с аневризмой верхушки ЛЖ. Хорошо видна граница пораженного и здорового миокарда.

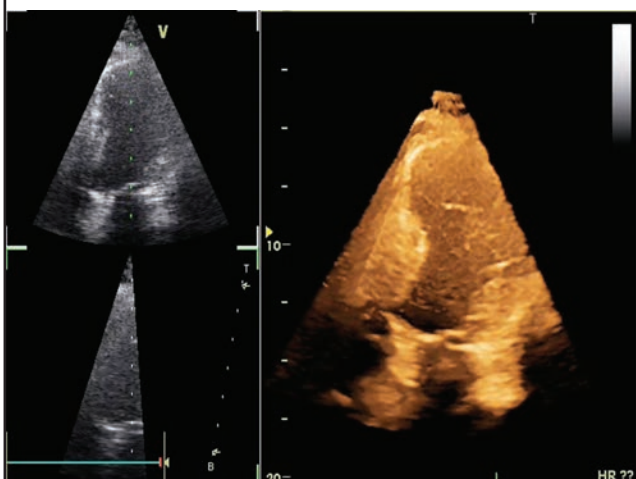
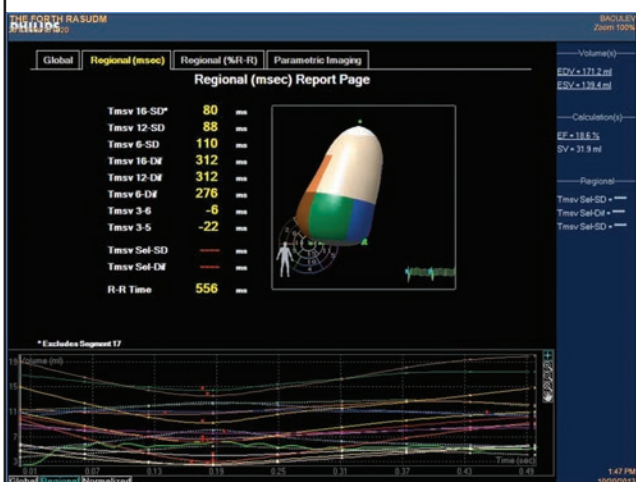
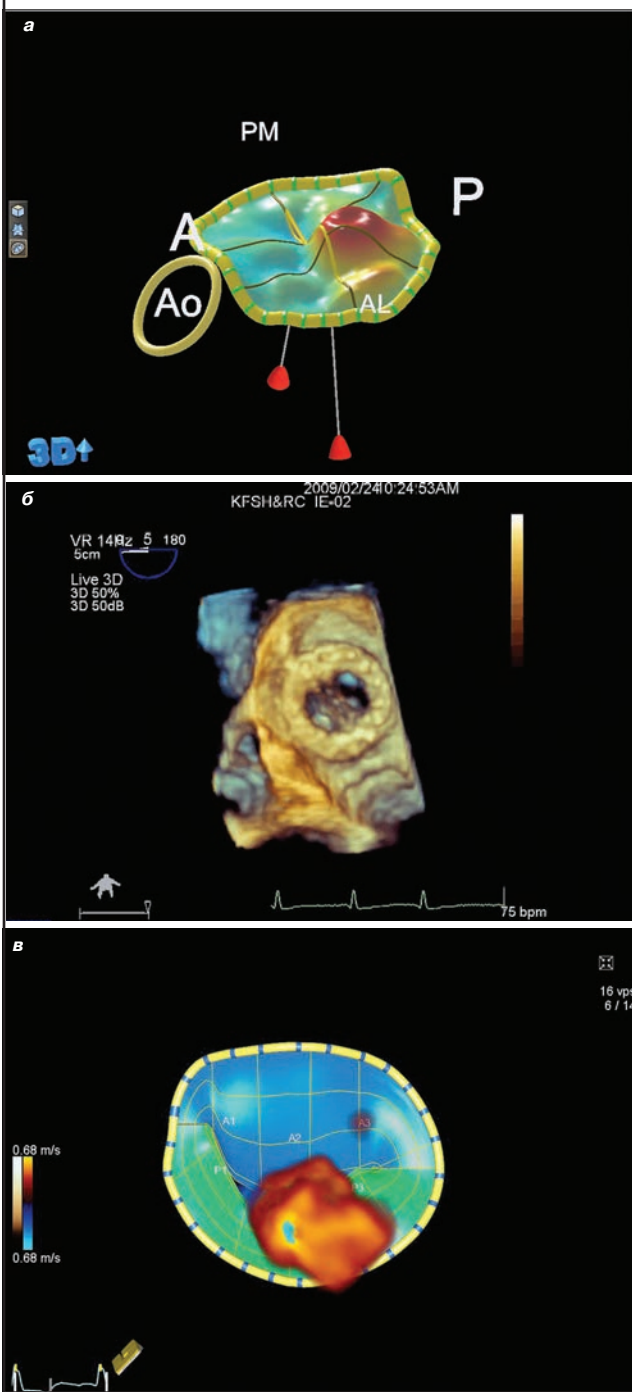


Рис. 9. Трехмерная реконструкция ЛЖ с автоматическим количественным посегментным анализом состояния локальной сократимости миокарда.



**Оценка отслойки интимы аорты.** Отслойка интимы аорты часто сопровождается тяжелым нарушением гемодинамики у больного, поэтому быстрая диагностика данной патологии и детальная оценка участка отслоенной интимы помогают в выборе протеза при оперативной коррекции (рис. 7).

Рис. 10. Четырехмерная реконструкция: а – миксоматозно измененный митральный клапан. Значительный пролапс компонента задней створки; б – протезированный клапан сердца с двумя запирательными элементами. Анализ чреспищеводной ЭхоКГ; в – проксимальная часть струи митральной регургитации при миксоматозной дегенерации клапана. Анализ чреспищеводной ЭхоКГ.



**Оценка больных с осложнениями ИБС.** При осложнениях ИБС трехмерные технологии позволяют проводить автоматический анализ функции желудочков, что уже было описано, и детализировать оценку осложнений. Так, например, при наличии аневризмы ЛЖ можно с большей точностью оценить границу пораженного и здорового миокарда, детализировать характер тромбоза полости при его наличии, рассчитать объем регургитации и т.д. (рис. 8).

**3D strain – объемная оценка деформации ткани ЛЖ.** Данная технология используется для моделирования в объеме деформации ЛЖ и его сегментов, улучшает качество диагностики у больных с ИБС (рис. 9).

### Четырехмерная реконструкция сердца

Четырехмерная реконструкция сердца приобретает особую ценность и значимость в кардиохирургических стационарах, поскольку позволяет получить практически точную копию клапана, протеза, окклюдера, смоделировать отверстие при наличии шунта и разработать правильную тактику при проведении оперативного вмешательства (рис. 10). Данные возможности метода нашли широкое применение в отечественной и мировой практике. Расчеты проводятся на основании анализа показателей, полученных преимущественно при чреспищеводном исследовании для большей точности результатов.

### Выводы

Таким образом, использование в клинической практике возможностей трех- и четырехмерной ЭхоКГ позволяет

существенно улучшить качество исследования и увеличить точность диагностики.

*Исследования проводились на ультразвуковых приборах Vivid 7 и Vivid 9 (General Electric, США); iE33 (Philips, США); S2000 (Siemens, Германия).*

### Литература/References

1. Feigenbaum H. Echocardiography. 6th ed. Philadelphia: Lippincot Williams & Wilkins, 2005; p. 61–7.
2. Armstrong WF, Ryan T, Feigenbaum H. Echocardiography. 7th ed. Philadelphia: Lippincot Williams & Wilkins, 2010; p. 55–62.
3. Флакскампф Ф.А. Практическая эхокардиография. М.: МЕДпресс-информ, 2013; с. 224–41. / Flakskampf FA. Prakticheskaia ekhokardiografiia. M.: MEDpress-inform, 2013; s. 224–41. [in Russian]

---

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Рыбакова Марина Константиновна** – д-р мед. наук, проф., каф. ультразвуковой диагностики ГБОУ ДПО РМАПО. E-mail: rybakova-echo@yandex.ru  
**Митьков Владимир Вячеславович** – д-р мед. наук, проф., зав. каф. ультразвуковой диагностики ГБОУ ДПО РМАПО