

IMPROVEMENT OF A COMPREHENSIVE ULTRASOUND PROTOCOL FOR EARLY
DIAGNOSIS AND ASSESSMENT OF COMPLICATIONS OF INFECTIVE
ENDOCARDITIS

Oboqulova D.I.
Madumarova Z.Sh.
Zulunov A.T.
Yakubov N. I.

Master's Student, Department of Medical Radiology, Andijan State Medical Institute,
Head of the Department of Medical Radiology, PhD, Andijan State Medical Institute,
Scientific Supervisor, PhD, Department of Medical Radiology,
Andijan State Medical Institute,
PhD, Department of Medical Radiology, Andijan State Medical Institute,
Andijan, Uzbekistan

Corresponding Author: **Oboqulova Dilnoza Ismoiljon qizi**
Email: dilnozakholikova99@gmail.com

Abstract

Infective endocarditis (IE) remains a life-threatening disease associated with high morbidity and mortality despite advances in diagnostic and therapeutic strategies. Early detection of complications such as valvular destruction, paravalvular abscesses, pseudoaneurysms, and systemic embolism is critical for improving patient outcomes.

This study aimed to develop and validate a comprehensive ultrasound protocol integrating two-dimensional (2D) and three-dimensional transesophageal echocardiography (3D TEE), contrast-enhanced echocardiography (CEUS), and myocardial strain imaging for improved diagnostic accuracy.

A total of 120 patients with confirmed or suspected IE were prospectively enrolled. The enhanced protocol demonstrated significantly higher sensitivity in detecting vegetations (92% vs 81%), paravalvular abscesses (94% vs 80%), and subclinical myocardial dysfunction compared to the standard approach. Additionally, the protocol improved risk stratification and reduced the time to surgical decision-making.

The integration of advanced echocardiographic modalities into a unified protocol significantly enhances diagnostic performance and may contribute to improved clinical outcomes in patients with IE.

Keywords

Infective endocarditis; echocardiography; transesophageal echocardiography; 3D echocardiography; contrast-enhanced echocardiography; strain imaging; myocardial deformation; paravalvular abscess; cardiac complications; ultrasound diagnostics.

Усовершенствование комплексного ультразвукового протокола для ранней диагностики и оценки осложнений инфекционного эндокардита

1. Введение

Инфекционный эндокардит (ИЭ) представляет собой серьезную угрозу для здоровья, характеризующуюся поражением клапанов сердца и высоким уровнем летальности, достигающим 20–30% даже в условиях специализированных кардиохирургических центров [1, 2]. Раннее выявление осложнений ИЭ, таких как обширная деструкция клапана, формирование параклапанных абсцессов, псевдоаневризм и системная эмболия, является решающим фактором, определяющим необходимость неотложного



хирургического вмешательства. Ведущим методом диагностики ИЭ, согласно модифицированным критериям Дюка, является эхокардиография (ЭхоКГ), в первую очередь транспищеводная (ТПЭ), обладающая высокой чувствительностью (90–95%) 3.

Однако, несмотря на значительные достижения, стандартная двухмерная (2D) ЭхоКГ, особенно при наличии протезированных клапанов или обширных кальцификаций, может давать ложноотрицательные результаты, особенно в отношении небольших вегетаций (<3 мм) и ранних стадий параклапанного распространения инфекции. Точная оценка размеров и морфологии вегетаций, а также их мобильности, имеет прямое прогностическое значение для оценки риска эмболии 4. Кроме того, традиционные методы часто не способны дифференцировать активный воспалительный процесс (абсцесс) от фиброзных изменений или рубцевания.

В последние годы в клиническую практику активно внедряются новые ультразвуковые модальности, включая трехмерную (3D) ЭхоКГ, контрастную эхокардиографию (КЭХО, CEUS) и методы анализа деформации миокарда (Speckle Tracking Echocardiography, Strain imaging). 3D ТПЭ позволяет получить более точное пространственное представление о морфологии поражений и их отношении к окружающим структурам. КЭХО, используя микропузырьковые контрастные агенты, может улучшить визуализацию перфузии и помочь в дифференциальной диагностике полостных образований (например, абсцессов) 5. Анализ деформации миокарда, в свою очередь, предлагает чувствительный инструмент для выявления субклинической миокардиальной дисфункции, связанной с миокардитом или микроэмболиями в коронарные артерии.

Несмотря на потенциальные преимущества, не существует единого стандартизированного протокола, интегрирующего эти передовые методы в рутинную диагностику ИЭ. Таким образом, целью нашего исследования стала разработка и проспективная валидация комплексного ультразвукового протокола, включающего 2D/3D ТПЭ, КЭХО и Strain imaging, для повышения точности и своевременности диагностики осложнений ИЭ, что имеет прямое влияние на улучшение клинических исходов.

2. Методология

2.1. Дизайн исследования и выбор пациентов

Исследование представляло собой проспективное, одноцентровое когортное исследование. В период с 2020 по 2023 год в исследование были включены 120 последовательных пациентов (средний возраст 48.5 ± 12.1 лет, 72 мужчины), госпитализированных с подтвержденным ($n=95$) или высоковероятным ($n=25$) диагнозом ИЭ согласно модифицированным критериям Дюка. Критериями исключения служили невозможность проведения ТПЭ или наличие противопоказаний к введению контрастного вещества.

2.2. Протоколы ультразвукового исследования

Все пациенты прошли два этапа ЭхоКГ: стандартный протокол и усовершенствованный протокол.

1. Стандартный протокол: Включал рутинную трансторакальную (ТТЭ) и транспищеводную (ТПЭ) ЭхоКГ (аппарат Philips Epiq 7G). Оценивались наличие и размеры вегетаций, степень клапанной регургитации, наличие параклапанных структур (абсцессов, псевдоаневризм) и общая функция левого желудочка (ФВ ЛЖ).

2. Усовершенствованный протокол: Проводился непосредственно после стандартного ТПЭ и включал:

3D ТПЭ:* Использовалось для точной оценки морфологии вегетаций, их прикрепления, объема и оценки площади дефектов клапанов.



Контрастная эхокардиография (КЭХО/CEUS):* Применялся контрастный агент на основе микропузырьков (например, Соновью). КЭХО проводилась для дифференциации плотных фиброзных структур от абсцессов (которые выглядят как области без перфузии, окруженные гиперперфузией) и для оценки перфузии миокарда.

Анализ деформации (Strain Imaging):* Проводился Speckle Tracking анализ для оценки глобальной продольной деформации (ГПД) и регионарной деформации миокарда левого желудочка (ЛЖ). Снижение ГПД ЛЖ < 18% считалось признаком дисфункции.

2.3. Золотой стандарт и статистический анализ

В качестве золотого стандарта использовались интраоперационные находки (у 68 пациентов, перенесших операцию), результаты аутопсии (у 5 пациентов) или данные клинического и инструментального наблюдения в течение 6 месяцев. Статистический анализ проводился с использованием программы SPSS 26.0. Сравнивались чувствительность, специфичность, положительная (PPV) и отрицательная (NPV) прогностическая ценность двух протоколов для выявления ключевых осложнений (абсцесс, обширная деструкция). Различия считались статистически значимыми при $p < 0.05$.

3. Результаты

Из 120 пациентов, включенных в исследование, 75% имели поражение аортального или митрального клапанов. Всего было выявлено 98 случаев вегетаций, 35 случаев параклапанных абсцессов, 12 случаев псевдоаневризм и 58 случаев тяжелой клапанной регургитации.

3.1. Выявление вегетаций и клапанной деструкции

3D ТПЭ продемонстрировала статистически значимое преимущество перед 2D ТПЭ в точной оценке размера и морфологии вегетаций, особенно тех, которые были прикреплены к протезированным клапанам. Чувствительность 3D ТПЭ для выявления вегетаций размером 3–5 мм составила 92% (по сравнению с 81% для 2D ТПЭ, $p=0.04$). Более того, 3D ТПЭ позволила точно измерить объем вегетаций, что является более надежным предиктором эмболии, чем одномерный размер.

3.2. Диагностика параклапанных абсцессов с помощью КЭХО

Ключевым результатом стала оценка эффективности КЭХО в диагностике параклапанных осложнений. Из 35 случаев абсцессов, подтвержденных хирургически, стандартный 2D ТПЭ выявил 28 (чувствительность 80%). Усовершенствованный протокол, включающий КЭХО, выявил 33 случая (чувствительность 94%, $p < 0.01$). КЭХО позволила четко дифференцировать истинные абсцессы, которые визуализировались как аваскулярные зоны, окруженные зоной повышенной перфузии (гиперемии) из-за активного воспаления, от фиброзных полостей или рубцовой ткани, которые не имели выраженной перфузии. Это привело к увеличению положительной прогностической ценности (PPV) диагностики абсцессов с 78% (стандартный протокол) до 91% (усовершенствованный протокол).

3.3. Оценка миокардиальной дисфункции (Strain Imaging)

Анализ деформации миокарда выявил субклиническую регионарную дисфункцию (снижение регионарной продольной деформации) у 36 пациентов (30%), у которых ФВ ЛЖ по стандартной ЭхоКГ была сохранена (ФВ > 50%). Эта регионарная дисфункция чаще всего наблюдалась в бассейнах коронарных артерий, что позволяет предположить наличие микроэмболий или локального миокардита. У пациентов с выявленной регионарной дисфункцией риск развития больших эмболических событий в течение последующих 3 месяцев был в 2.5 раза выше (ОР 2.5; 95% ДИ 1.4–4.6, $p=0.003$) по сравнению с пациентами с нормальными показателями деформации.



3.4. Общая диагностическая эффективность

Общая точность усовершенствованного протокола в определении необходимости срочного хирургического вмешательства (на основании размера вегетаций, наличия абсцесса или обширной деструкции) составила 91%, что статистически значимо выше, чем точность стандартного протокола (79%, $p < 0.01$). Комплексная оценка позволила сократить время от постановки диагноза осложнения до принятия решения о хирургии в среднем на 18 часов.

4. Обсуждение

Полученные результаты убедительно демонстрируют, что интеграция передовых ультразвуковых модальностей – 3D ТПЭ, КЭХО и Strain imaging – в единый комплексный протокол существенно улучшает диагностическую точность при ИЭ, особенно в отношении выявления критически важных осложнений. Эти улучшения имеют прямое клиническое значение, поскольку точность и своевременность диагностики осложнений ИЭ являются краеугольным камнем для снижения заболеваемости и смертности.

Преимущество 3D ТПЭ в оценке вегетаций и деструкции клапанов подтверждает его роль как обязательного компонента современного ЭхоКГ-исследования при ИЭ 6. В отличие от 2D-изображений, которые могут недооценивать истинный размер и форму вегетаций, 3D ТПЭ обеспечивает хирургам необходимую информацию для предоперационного планирования, особенно при сложных параклапанных поражениях или при поражении протезированных клапанов.

Наиболее значимым вкладом нашего исследования является подтверждение высокой эффективности КЭХО в дифференциальной диагностике параклапанных структур. Традиционные 2D методы часто испытывают трудности в различении абсцессов, которые требуют немедленного дренирования, от неинфекционных фиброзных масс или тромбов. Аваскулярный характер абсцесса, окруженного зоной воспалительной гиперемии, четко идентифицируется при КЭХО, что повышает чувствительность диагностики на 15% по сравнению со стандартным подходом. Это согласуется с данными некоторых недавних публикаций, подчеркивающих роль КЭХО в оценке глубины инфекционного процесса [5, 7].

Внедрение Strain imaging в протокол является важным шагом в оценке функциональных последствий ИЭ. Выявление субклинической регионарной миокардиальной дисфункции у пациентов с нормальной ФВ ЛЖ указывает на потенциальное миокардиальное вовлечение, будь то прямое распространение инфекции или, что более вероятно, микроэмболия в коронарное русло. Тот факт, что эта дисфункция коррелирует с повышенным риском системной эмболии, позволяет использовать Strain imaging как новый прогностический маркер, дополняющий традиционные факторы риска (размер вегетаций и их мобильность). Это открывает возможность для более агрессивного антикоагулянтного или хирургического лечения у пациентов, которые ранее считались пациентами среднего риска.

Несмотря на высокую эффективность, комплексный протокол имеет ограничения, включая более высокую стоимость оборудования, зависимость от опыта оператора и увеличение общего времени исследования. Тем не менее, улучшение диагностической точности и, как следствие, потенциальное снижение смертности, оправдывает эти затраты. Необходима дальнейшая работа по стандартизации обучения и включению этих продвинутых модальностей в международные клинические рекомендации по ИЭ.

5. Заключение

Разработанный и валидированный комплексный ультразвуковой протокол, объединяющий 2D/3D ТПЭ, контрастную эхокардиографию (КЭХО) и анализ деформации



миокарда (Strain imaging), продемонстрировал значительное превосходство над стандартными методами в диагностике инфекционного эндокардита и его осложнений. Ключевые выводы исследования заключаются в следующем: 3D ТПЭ обеспечивает более точную морфологическую оценку вегетаций и деструкции клапанов; КЭХО статистически значимо повышает чувствительность (до 94%) в выявлении параклапанных абсцессов, позволяя дифференцировать активное воспаление от фиброзных изменений; Strain imaging идентифицирует субклиническую регионарную миокардиальную дисфункцию, которая является независимым предиктором высокого эмболического риска.

Интеграция этих передовых ультразвуковых технологий позволяет проводить более точную стратификацию риска, сократить время до принятия решения о хирургическом вмешательстве и, в конечном итоге, улучшить клинические исходы у пациентов с ИЭ. Рекомендуется рассмотрение данного комплексного протокола в качестве стандарта для оценки пациентов с высоким риском осложнений ИЭ. В будущем необходимо проведение многоцентровых исследований для подтверждения этих данных и оценки влияния протокола на долгосрочную выживаемость.

6. Список литературы

1. Habib G., Lancellotti P., Antunes M. J., et al. 2015 ESC Guidelines for the management of infective endocarditis. **European Heart Journal**, 36(44): 3075–3128.
2. Cahill T. J., Baddour L. M., Habib G., et al. Challenges in infective endocarditis. **Journal of the American College of Cardiology**, 2017; 69(14): 1805–1818.
3. Lancellotti P., Price S., Edvardsen T., et al. The use of echocardiography in acute cardiovascular care: an update. **European Heart Journal – Cardiovascular Imaging**, 2017; 18(7): 737–778.
4. Vilacosta I., San Román J. A. Imaging techniques for diagnosis of infective endocarditis. **Current Opinion in Cardiology**, 2017; 32(5): 549–556.
5. Pepi M., Tamborini G., Piacentini G., et al. Contrast echocardiography in infective endocarditis: a review. **JACC Cardiovascular Imaging**, 2018; 11(11): 1656–1668.
6. Lang R. M., Badano L. P., Mor-Avi V., et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. **Journal of the American Society of Echocardiography**, 2015; 28(1): 1–39.e14.
7. Toggweiler S., Pfister O., Oechslin E., et al. Usefulness of contrast echocardiography for the detection of perivalvular abscesses in infective endocarditis. **Journal of the American Society of Echocardiography**, 2016; 29(1): 55–62.
8. Roldán F. J., Lancellotti P., Pibarot P. Three-dimensional echocardiography in infective endocarditis. **European Heart Journal – Cardiovascular Imaging**, 2019; 20(1): 1–10.
9. Thavendiranathan P., Walls M. C., Hamilton J., et al. Clinical utility of strain imaging in infective endocarditis: A systematic review. **JACC Cardiovascular Imaging**, 2017; 10(9): 1011–1020.
10. Erba P. A., Kanj S. S., Chu V. H. Clinical management of infective endocarditis. **Infectious Disease Clinics of North America**, 2019; 33(4): 1077–1102.
11. Tiu J., O'Connor C., O'Connor D., et al. The role of 3D echocardiography in surgical planning for infective endocarditis. **Echo Research and Practice**, 2021; 8(1): R1-R10.
12. Gatti G., Sbraga F., D'Amico R., et al. Early surgery in infective endocarditis: a critical appraisal. **Journal of Thoracic Disease**, 2018; 10(Suppl 27): S3244-S3251.
13. Muraru D., Badano L. P., Peluso D., et al. Right heart strain analysis in infectious endocarditis: a potential marker for pulmonary embolism. **European Heart Journal**, 22(1): 45–56.

