

© CC BY Коллектив авторов, 2024
УДК 616.126.3-089.843-06-008.17-073.432.019.941
<https://doi.org/10.24884/0042-4625-2024-183-6-58-63>

ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКАЯ НАВИГАЦИЯ ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ ТРАНСАПИКАЛЬНЫХ НЕОХОРД ПРИ ЗНАЧИМОЙ МИТРАЛЬНОЙ РЕГУРГИТАЦИИ

Н. С. Титов, В. В. Комок*, А. С. Немков, Г. Г. Хубулава

Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова
197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8

Поступила в редакцию 14.06.2024 г.; принята к печати 20.11.2024 г.

ВВЕДЕНИЕ. Значимая митральная регургитация в настоящее время является широко распространенным приобретенным клапанным пороком сердца и ассоциируется со значительным снижением выживаемости и ухудшением качества жизни. Одним из новых, недостаточно изученных, минимально-инвазивных методов коррекции значимой митральной регургитации является трансапикальная имплантация неохорд, где основным методом визуализации является эхокардиография.

ЦЕЛЬ. Осуществить анализ данных мировых исследований, посвященных проблеме эхокардиографической навигации при имплантации трансапикальных митральных неохорд. Определить эхокардиографические критерии, применимые к операции имплантации неохорд.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ. Проведен анализ исследований, посвященных применению эхокардиографии при имплантации трансапикальных митральных неохорд. Поиск осуществлялся по базам данных PubMed, ResearchGate, Hindawi.

РЕЗУЛЬТАТЫ. В ходе проведенного анализа выяснилось, что основным методом визуализации митрального клапана при имплантации трансапикальных неохорд является 2D и 3D чреспищеводная эхокардиография. Были определены специфические параметры, которые могут дополнить стандартный протокол эхокардиографической оценки митрального клапана.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Результаты проведенного анализа показали, что необходимо суммировать опыт существующих исследований и стандартизировать подход к эхокардиографической визуализации митрального клапана при имплантации трансапикальных неохорд.

Ключевые слова: митральный клапан, регургитация, трансапикальная имплантация неохорд, эхокардиография, чреспищеводная эхокардиография, индекс зоны коаптации, индекс длины коаптации

Для цитирования: Титов Н. С., Комок В. В., Немков А. С., Хубулава Г. Г. Эхокардиографическая навигация при имплантации трансапикальных неохорд при значимой митральной регургитации. *Вестник хирургии имени И. И. Грекова*. 2024;183(6):58–63. <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2024-183-6-58-63>.

* **Автор для связи:** Владимир Владимирович Комок, ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И. П. Павлова Минздрава России, 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8. E-mail: vladimir_komok@mail.ru.

ECHOCARDIOGRAPHIC NAVIGATION IN TRANSAPICAL NEOCHORD MITRAL VALVE REPAIR WITH SIGNIFICANT MITRAL REGURGITATION

Nikita S. Titov, Vladimir V. Komok*, Aleksandr S. Nemkov, Gennady G. Khubulava

Pavlov University
6-8, L'va Tolstogo str., Saint Petersburg, 197022, Russia

Received 14.06.2024; accepted 20.11.2024

INTRODUCTION. Significant mitral regurgitation is currently a widespread acquired valvular heart disease and is associated with a significant decrease in survival and deterioration in quality of life. One of the new, unclearly studied, minimally invasive method for correcting significant mitral regurgitation is transapical neochord mitral valve repair, where echocardiography is the key imaging tool.

The **OBJECTIVE** was to analyze the data of world studies devoted to the problem of echocardiographic navigation in transapical neochord mitral valve repair, to determine the echocardiographic criteria applicable to neochord implantation surgery.

METHODS AND MATHERIALS. The analysis of studies about using echocardiography in the transapical neochoord mitral valve repair has been carried out. Databases searched in this review included PubMed, ResearchGate, and Hindawi. **RESULTS.** During the analysis, we figured out that 2D and 3D transesophageal echocardiography is the main method for mitral valve imaging during transapical neochoord mitral valve repair. Specific parameters which can be useful in addition for standard echocardiographic protocol of mitral valve evaluation have been identified.

CONCLUSION. The results of the analysis showed that it is necessary to summarize the experience of present studies and standardize the approach to echocardiographic evaluation of the mitral valve during transapical neochoord mitral valve repair.

Keywords: mitral valve, regurgitation, transapical neochoord mitral valve repair, echocardiography, transesophageal echocardiography, coaptation zone index, coaptation length index

For citation: Titov N. S., Komok V. V., Nemkov A. S., Khubulava G. G. Echocardiographic navigation in transapical neochoord mitral valve repair with significant mitral regurgitation. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2024;183(6):58–63. (In Russ.). DOI: 10.24884/0042-4625-2024-183-6-58-63.

* **Corresponding author:** Vladimir V. Komok, Pavlov University, 6-8, L'va Tolstogo str., Saint Petersburg, Russia, 197022. E-mail: vladimir_komok@mail.ru.

Введение. Приобретенные пороки клапанов сердца являются широко распространенной группой заболеваний сердца в настоящее время, затрагивающей значительную часть населения во всем мире в связи с тем, что не всегда осуществляются своевременные диагностика и лечение [1]. Так, например, значимая митральная регургитация, по данным Aluru et al., затрагивает 24,2 млн человек по всему миру, занимая 3 место в структуре приобретенных клапанных пороков сердца и ассоциируясь со значительным снижением выживаемости и ухудшением качества жизни населения [1]. В связи с этим есть необходимость в постоянном поиске новых способов коррекции значимой митральной регургитации, особенно у коморбидных пациентов, для которой большая открытая операция может стать тяжелым испытанием. Минимально инвазивные методики операций у таких пациентов позволяют снизить риск послеоперационных осложнений, инфекционных проблем, уменьшить временной промежуток пребывания пациента в стационаре и время его восстановления после проведенного оперативного вмешательства. Одним из таких минимально инвазивных методов коррекции значимой митральной регургитации является трансапикальная имплантация неохорд на бьющемся сердце, где основным методом визуализации выступает эхокардиография [2–10]. Однако для процедуры имплантации неохорд, помимо стандартного эхокардиографического протокола оценки митрального клапана, необходимы специальные критерии, исследование которых поможет осуществлять отбор пациентов, облегчить интраоперационную навигацию и оценивать эффективность проведенной процедуры.

Методы и материалы. В НИИ хирургии и неотложной медицины ПСПбГМУ им. И. П. Павлова проходит исследование в целях стандартизации ультразвуковой навигации при имплантации трансапикальных митральных неохорд. Поиск литературы осуществлялся по базам данных PubMed, Researchgate, Hindawi. Поиск ключевых терминов осуществлялся при помощи поисковых операторов

И, ИЛИ. Были установлены следующие фильтры: тип статьи – клиническое исследование, метаанализ, систематический обзор, обзор литературы; годы публикаций – с 2015 по 2024 гг.; язык – английский.

Критерии включения:

- хирургическое лечение значимой митральной регургитации;

- применение методики имплантации трансапикальных неохорд при лечении значимой митральной регургитации;

- применение чреспищеводной и трансторакальной эхокардиографии как основных методов визуализации в предоперационном, периоперационном и послеоперационном периодах.

Критерии не включения:

- применение других транскатетерных методик коррекции значимой митральной регургитации, таких как Mitra Clip и PASCAL;

- хирургическое лечение сочетанных поражений клапанов сердца;

- хирургическое лечение других заболеваний сердца.

Результаты. Исходя из проведенного анализа было выявлено, что основным методом визуализации митрального клапана при имплантации трансапикальных неохорд является 2D и 3D чреспищеводная эхокардиография (ЧПЭхоКГ), при этом на этапе имплантации неохорд предпочтение отдавалось 3D ЧПЭхоКГ ввиду более информативного изображения анатомических структур митрального клапана, а также используемых инструментов. P. Demetrio et al. (2015) в своем исследовании использовали 2D ЧПЭхоКГ в двух взаимно перпендикулярных сечениях, а также 3D ЧПЭхоКГ при процедуре имплантации неохорд, однако для оценки митрального клапана были использованы только стандартные критерии, такие как: диаметр vena contracta (ширина струи регургитации в ее самой узкой части), радиус PISA (радиус проксимальной зоны струи регургитации), кровотоков в легочных венах, эффективную площадь

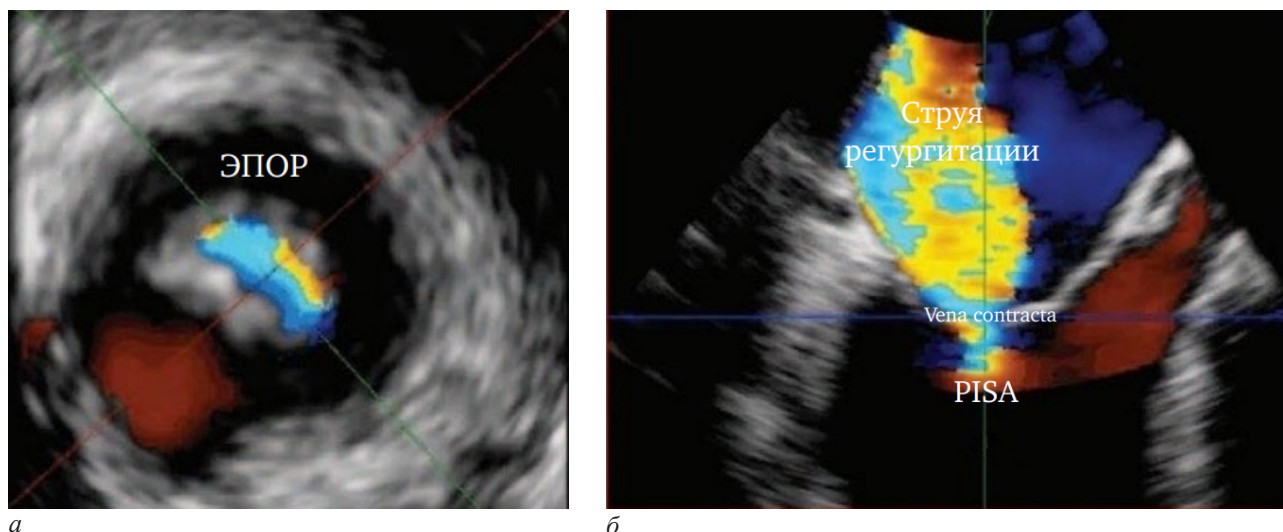


Рис. 1. Чреспищеводная эхокардиография, средненищеводное положение датчика: а – 0–20 град.; б – 120–150 град.; ЭПОР – эффективная площадь отверстия регургитации; PISA – проксимальная зона струи регургитации; Vena contracta – ширина струи регургитации в ее самой узкой части. Mahmood F., Matyal R. A quantitative approach to the intraoperative echocardiographic assessment of the mitral valve for repair // *Anesthesia and Analgesia*. 2015. № 1 (121). С. 34–58

Fig. 1. Transesophageal echocardiography, midesophageal position: а – 0–20 degrees; б – 120–150 degrees; EROA – effective regurgitant orifice area; PISA – proximal isovelocity surface area; Vena contracta – mitral regurgitation jet width in its narrowest part. Mahmood F., Matyal R. A quantitative approach to the intraoperative echocardiographic assessment of the mitral valve for repair // *Anesthesia and Analgesia*. 2015. № 1 (121). P. 34–58

отверстия регургитации (ЭПОР), объем регургитации, фракция регургитации [11].

Помимо точной визуализации клапанных структур ультразвуковое исследование является инструментом отбора пациентов на операцию имплантации транспикальных неохорд, планирования оперативного вмешательства. Также эхокардиография необходима для оценки и прогнозирования ближайших и отдаленных результатов. Для этого должна осуществляться комплексная эхокардиографическая оценка пациента в предоперационном, периоперационном и послеоперационном периодах, которая должна включать в себя перечень определенных оцениваемых параметров. Нами были выделены следующие параметры: индекс длины створок митрального клапана к его переднезаднему размеру, индекс площади зоны коаптации, индекс длины створок митрального клапана, систолическое давление в легочной артерии, индекс конечно-систолического объема, ширина пролапса створки. Данные показатели, описанные ниже, представляются нам как наиболее значимые и информативные при выполнении имплантации транспикальных неохорд.

Зона коаптации створок и ее индекс. Для оценки степени тяжести митральной регургитации с последующим выбором тактики оперативного вмешательства исследование зоны коаптации может быть необходимо. Зона коаптации определяется при помощи 3D ЧПЭхоКГ. Согласно Y. Guo et al. (2018), расчет индекса зоны коаптации может быть произведен по формуле: индекс зоны коаптации = зона коаптации/общая площадь створок митрального клапана $\times 100\%$. Зона коаптации створок при этом рассчитывается по формуле: зона коаптации =

=общая площадь створок митрального клапана – площадь закрытых створок митрального клапана в середине систолы [12]. F. C. Coley et al. (2014), в свою очередь, предложили на изображении 3D ЧПЭхоКГ определять точки коаптации створок митрального клапана со стороны левого предсердия и левого желудочка, тем самым подразделяя зону коаптации на отдельные зоны, площади которых потом суммируются и соотносятся с общей площадью закрытых створок митрального клапана [13]. По мнению авторов, значение индекса зоны коаптации равно 0,10 стоит рассматривать как нормальное, а развитие тяжелой митральной регургитации связано со значением индекса менее 0,05. Также по данным авторов индекс зоны коаптации напрямую коррелирует со значением vena contracta [13].

Длина коаптации створок и ее индекс. Длина коаптации створок может быть измерена при помощи 2D ЧПЭхоКГ, средне-пищеводное положение датчика, по длинной оси от 120 до 150 градусов по формуле: Длина коаптации = длина передней створки в диастолу – длина передней створки в систолу. При этом длина передней створки в диастолу и систолу измеряется во всех сегментах створки МК: A1/P1, A2/P2, A3/P3. Индекс длины коаптации створок измеряется по формуле: индекс длины коаптации = длина коаптации/длина передней створки в диастолу $\times 100\%$. Оба параметра – индекс зоны коаптации створок и индекс длины коаптации створок – имеют прямую корреляцию со степенью тяжести митральной регургитации как в пред-, так и в послеоперационном периоде и могут быть использованы как критерии отбора пациентов и оценки эффективности операции [12]. Также Y. Guo et al. сообщают, что индекс зоны коаптации имеет прямую корреляцию со значением индекса длины

коаптации. Данный факт может облегчить определение степени тяжести митральной регургитации, поскольку измерение индекса длины коаптации створок производится при помощи 2D ЧПЭхоКГ, в отличие от индекса зоны коаптации, который для своего измерения требует применения 3D ЧПЭхоКГ.

Индекс длины створок митрального клапана к переднезаднему размеру клапана. Был предложен такой параметр, как индекс длины створок митрального клапана к переднезаднему размеру клапана, который рассчитывается по формуле: (длина передней створки + длина задней створки)/переднезадний размер митрального клапана. Измерение производится с помощью 2D ЧПЭхоКГ во время систолы, средне-пищеводное положение датчика 135 градусов. Применение данного параметра позволит хирургу определить необходимость в проведении аннулопластики в дополнение к имплантированным хордам. Индекс длины створок митрального клапана к переднезаднему размеру клапана является хорошим прогностическим предиктором отсутствия или легкой степени митральной регургитации при значении >1,35 через 3 месяца, 1,30 через 6 месяцев и 1,25 через 1 год [14].

Систолическое давление в легочной артерии, анатомическая классификация пролапса створок митрального клапана, ширина пролапса створки, конечно-систолический объем, индексированный к площади поверхности тела. Для объективного отбора пациентов на операцию имплантации неохорд E. Manzan et al. (2021) в своем исследовании предложили классификацию пролапса митрального клапана:

- тип А – пациенты с изолированным пролапсом Р2 сегмента задней створки митрального клапана;
- тип В – пациенты с мультисегментарным пролапсом задней створки митрального клапана;
- тип С – пациенты с пролапсом передней створки или с пролапсом обеих створок митрального клапана;
- тип D – пациенты с паракомиссуральным пролапсом и/или кальцификацией фиброзного кольца или створок митрального клапана.

Авторы также описали такие критерии, как ширина пролапса створки, наличие кальцификации клапана, систолическое давление в легочной артерии и конечно-систолический объем, индексированный к площади поверхности тела (КСО/ППТ). Данные показатели можно использовать для прогностических целей, то есть оценивать эффективность проведенной операции через 1, 3, 6, 12 и 24 месяцев. По мнению авторов, идеальный пациент для имплантации неохорд будет соответствовать следующим критериям: изолированный пролапс Р2 сегмента створки МК, с индексом длины створок к передне-заднему размеру клапана 1,31, шириной пролапса створки 16 мм, без легочной гипертензии, без дилатации фиброзного кольца клапана и без наличия кальцификатов [15].

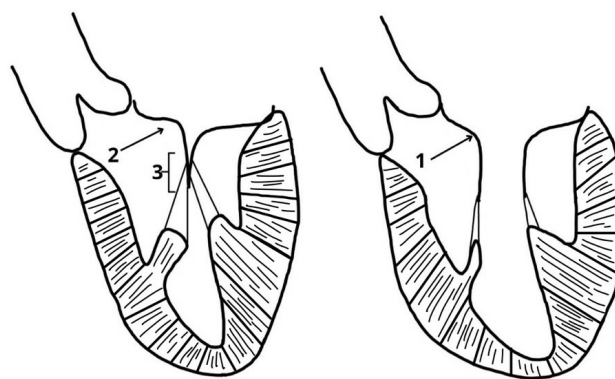


Рис. 2. Визуализация митрального клапана при помощи ЧПЭхоКГ: 1 – длина передней створки митрального клапана в диастолу; 2 – длина передней створки митрального клапана в систолу; 3 – длина коаптации створок митрального клапана. Tozzi P. et al. Percutaneous increase of mitral leaflet coaptation length after mitral valve repair: Results from a preclinical study // *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*. 2018. Vol. 26, № 4. С. 681–686

Fig. 2. The TEE view of mitral valve: 1 – the length of the anterior mitral leaflet, measured during the diastole; 2 – the length of the anterior mitral leaflet, measured during the systole; 3 – the length of mitral valve leaflets coaptation zone. Tozzi P. et al. Percutaneous increase of mitral leaflet coaptation length after mitral valve repair: Results from a preclinical study // *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*. 2018. Vol. 26, № 4. P. 681–686

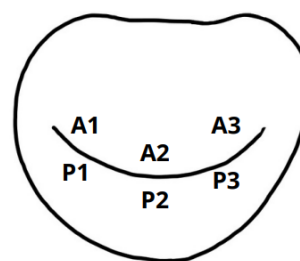


Рис. 3. Визуализация митрального клапана при помощи ЧПЭхоКГ: А1 – латеральный сегмент передней створки митрального клапана; А2 – средний сегмент передней створки митрального клапана; А3 – медиальный сегмент передней створки митрального клапана; Р1 – латеральный сегмент задней створки митрального клапана; Р2 – средний сегмент задней створки митрального клапана; Р3 – медиальный сегмент задней створки митрального клапана.

Guo Y. [et al.]. Assessment of the mitral valve coaptation zone with 2D and 3D transesophageal echocardiography before and after mitral valve repair // *Journal of Thoracic Disease*. 2018. Vol. 10, № 1. С. 283–290

Fig. 3. The TEE view of mitral valve: A1 – the lateral segment of anterior mitral leaflet; A2 – the middle segment of anterior mitral leaflet; A3 – the medial segment of anterior mitral leaflet; P1 – the lateral segment of posterior mitral leaflet; P2 – the middle segment of posterior mitral leaflet; P3 – the medial segment of posterior mitral leaflet. Guo Y. [et al.]. Assessment of the mitral valve coaptation zone with 2D and 3D transesophageal echocardiography before and after mitral valve repair // *Journal of Thoracic Disease*. 2018. Vol. 10, № 1. P. 283–290

Обсуждение. Минимально инвазивная имплантация транспикальных неохорд на данный момент является недостаточно изученной методикой, однако проведение дальнейших исследований, вероятно, позволит применять ее в целях коррекции значимой митральной регургитации у коморбидных пациентов. Визуализация во время оперативного вмешательства должна осуществляться посредством 2D и 3D ЧПЭхоКГ [11] ввиду более точного

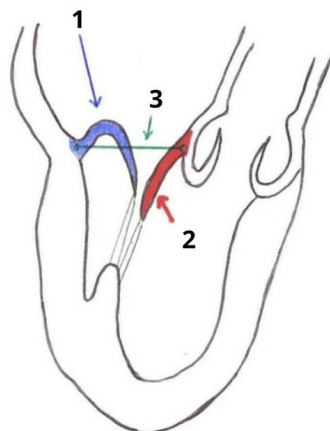


Рис. 4. ЧПЭхоКГ, средне-пищеводное положение, 135 град.:

1 – длина задней створки митрального клапана; 2 – длина передней створки митрального клапана; 3 – переднезадний размер митрального клапана. Bergonzoni E. et al. Microinvasive mitral valve repair with transapical mitral neochordae implantation // Front. Cardiovasc. Med. 2023. Vol. 10, № July. P. 1–9

Fig. 4. TEE, midesophageal position, 135 degrees: 1 – the length of the posterior mitral leaflet; 2 – the length of the anterior mitral leaflet; 3 – the antero-posterior diameter of mitral valve. Bergonzoni E. et al. Microinvasive mitral valve repair with transapical mitral neochordae implantation // Front. Cardiovasc. Med. 2023. Vol. 10, № July. P. 1–9

изображения анатомических структур митрального клапана и инструментов. Кроме периоперационного использования, ультразвуковая визуализация будет необходима в предоперационном и послеоперационном периодах, так как требуется тщательный отбор пациентов, выбор правильной тактики оперативного вмешательства для конкретного пациента и также необходима оценка эффективности проведенной операции, и прогнозирование ближайших и отдаленных результатов. Для всего вышеперечисленного должны использоваться специальные эхокардиографические критерии, дополняющие стандартный протокол ультразвуковой оценки митрального клапана. Например, показатель индекса зоны коаптации, продемонстрированный в двух исследованиях [12, 13], является параметром, позволяющим определять степень тяжести митральной регургитации и на этой основе выстраивать дальнейшую тактику оперативного вмешательства. Однако формула для расчета индекса зоны коаптации, представленная Y. Guo et al. [12], вероятно, будет более применима к рутинной ультразвуковой диагностике, поскольку методика, предложенная F. C. Coley et al. [13], представляется более сложной и трудоемкой. Дополнительно в этом случае можно рассчитать такой параметр, как индекс длины коаптации створок, который имеет корреляцию со значением индекса зоны коаптации и измеряется при помощи 2D ЧПЭхоКГ – более простого способа, чем 3D ЧПЭхоКГ [12].

В исследовании A. Colli et al. (2018) [14] индекс длины створок митрального клапана к переднезаднему размеру клапана со значением $>1,25$ является надежным предиктором отсутствия или легкой степени митральной регургитации спустя год по-

сле оперативного вмешательства. E. Manzan et al. (2021) [15] продемонстрировали результаты двухлетнего наблюдения за пациентами, перенесшими операцию имплантации неоход, а A. Vairo et al. (2023) [16] – трехлетнего. В обоих исследованиях значение индекса $>1,33$ было ассоциировано с легкой степенью митральной регургитации. Внедрение анатомической классификации пролапса митрального клапана позволило осуществлять отбор пациентов для операции имплантации неоход. Пациенты с А типом и В типом пролапса митрального клапана представляются наиболее подходящими для данной процедуры, в то время как пациенты с С и D типами представляют собой более сложную группу, вероятно, требующую иного подхода в хирургическом лечении. Данная классификация также может служить инструментом в прогнозировании исходов операции [15].

В ы в о д. При проведении операции имплантации трансапикальных неоход эхокардиография позволяет получить точное и качественное изображение митрального клапана и инструментов, что, несомненно, улучшает результат оперативного вмешательства. Отбор пациентов для проведения операции является ключевым моментом всей процедуры имплантации неоход и должен основываться на данных ультразвукового исследования. Специальные эхокардиографические параметры, вероятно, могут быть применимы для проведения имплантации трансапикальных неоход. Требуются дальнейшие практические шаги для уточнения применимости специальных эхокардиографических параметров.

Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Соответствие нормам этики

Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо, и правила обращения с животными в случаях их использования в работе. Подробная информация содержится в Правилах для авторов.

Compliance with ethical principles

The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary, and the rules of treatment of animals when they are used in the study. Author Guidelines contains the detailed information.

ЛИТЕРАТУРА

- Domenech B., Pomar J. L., Prat-González S. et al. Valvular heart disease epidemics. J. Heart Valve Dis. 2016. Vol. 25, № 1. P. 1–7. <https://doi.org/10.3390/medsci10020032>.
- Colli A., Adams D., Fiocco A. et al. Transapical NeoChord mitral valve repair. Ann. Cardiothorac. Surg. 2018. Vol. 7, № 6. P. 812–820. <http://doi.org/10.21037/acs.2018.11.04>.
- Savic V., Pozzoli A., Gülmez G. et al. Transcatheter mitral valve chord repair. Ann. Cardiothorac. Surg. 2018. Vol. 7, № 6. P. 731–740. <http://doi.org/10.21037/acs.2018.09.09>.

4. Fiocco A., Nadali M., Speziali G., Colli A. Transcatheter Mitral Valve Chordal Repair: Current Indications and Future Perspectives. *Front. Cardiovasc. Med.* 2019. Vol. 6. P. 128. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2019.00128>.
5. Saccocci M., Colli A. Actual perspective on off-pump transapical artificial chord implantation. *J. Card. Surg.* 2022. Vol. 37, № 5. P. 1250–1253. <https://doi.org/10.1111/jocs.16330>.
6. D'Onofrio A., Fiocco A., Nadali M., Gerosa G. Transapical mitral valve repair procedures: Primetime for microinvasive mitral valve surgery. *J. Card. Surg.* 2022. Vol. 37, № 12. P. 4053–4061. <https://doi.org/10.1111/jocs.16011>.
7. Blessberger H., Kellermair J., Kammler J. et al. Transapical off-pump mitral valve repair following prior mitral valve surgery: A case report. *Med. (United States)*. 2021. Vol. 100, № 21. P. E26148. <http://doi.org/10.1097/MD.00000000000026148>.
8. Ahmed A., Abdel-Aziz T. A., AlAsaad M. M. R., Majthoob M. Transapical off-pump mitral valve repair with NeoChord implantation: A systematic review. *J. Card. Surg.* 2021. Vol. 36, № 4. P. 1492–1498. <https://doi.org/10.1111/jocs.15350>.
9. Brown A., Jefferson H. L., Fatehi Hassanabad A. et al. Echocardiographic and clinical outcomes following beating heart NeoChord DS1000 mitral valve repair: a single centre case series. *Front. Cardiovasc. Med.* 2023. Vol. 10. P. 1160979. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1160979>.
10. Bergonzoni E., D'Onofrio A., Mastro F., Gerosa G. Microinvasive mitral valve repair with transapical mitral neochordae implantation. *Front. Cardiovasc. Med.* 2023. Vol. 10. P. 1166892. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1166892>.
11. Demetrio P., Andrea C., Gianclaudio F. et al. Transesophageal echocardiography in NeoChord procedure. *Ann. Card. Anaesth.* 2015. Vol. 18, № 2. P. 191–197. <https://doi.org/10.4103/0971-9784.154473>.
12. Cobey F. C., Swaminathan M., Phillips-Bute B. et al. Assessment of the mitral valve coaptation zone with 2D and 3D transesophageal echocardiography before and after mitral valve repair. *J. Thorac. Dis.* 2018. Vol. 10, № 1. P. 283–290. <http://doi.org/10.21037/jtd.2017.12.62>.
13. Cobey F. C., Swaminathan M., Phillips-Bute B. et al. Quantitative assessment of mitral valve coaptation using three-dimensional transesophageal echocardiography. *Ann. Thorac. Surg. Elsevier Inc.* 2014. Vol. 97, № 6. P. 1998–2004. <http://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2014.01.015>.
14. Colli A., Besola L., Montagner M. et al. Prognostic impact of leaflet-to-annulus index in patients treated with transapical off-pump echo-guided mitral valve repair with NeoChord implantation. *Int. J. Cardiol. Elsevier B.V.*, 2018. Vol. 257. P. 235–237. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.01.049>.
15. Manzan E., Azzolina D., Gregori D. et al. Combining echocardiographic and anatomic variables to predict outcomes of mitral valve repair with the NeoChord procedure. *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2021. Vol. 10, № 1. P. 122–130. <http://doi.org/10.21037/acs-2020-mv-96>.
16. Vairo A., Gaiero L., Marro M. et al. New echocardiographic parameters predicting successful trans-ventricular beating-heart mitral valve repair with neochordae at 3 years: Monocentric retrospective study. *J. Clin. Med.* 2023. Vol. 12, № 5. P. 1748. <https://doi.org/10.3390/jcm12051748>.
2. Colli A., Adams D., Fiocco A. et al. Transapical NeoChord mitral valve repair. *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2018;7(6);812–820. <http://doi.org/10.21037/acs.2018.11.04>.
3. Savic V., Pozzoli A., Gülmez G. et al. Transcatheter mitral valve chord repair. *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2018;7(6);731–740. <http://doi.org/10.21037/acs.2018.09.09>.
4. Fiocco A., Nadali M., Speziali G., Colli A. Transcatheter Mitral Valve Chordal Repair: Current Indications and Future Perspectives. *Front. Cardiovasc. Med.* 2019;6;128. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2019.00128>.
5. Saccocci M., Colli A. Actual perspective on off-pump transapical artificial chord implantation. *J. Card. Surg.* 2022;37(5);1250–1253. <https://doi.org/10.1111/jocs.16330>.
6. D'Onofrio A., Fiocco A., Nadali M., Gerosa G. Transapical mitral valve repair procedures: Primetime for microinvasive mitral valve surgery. *J. Card. Surg.* 2022;37(12);4053–4061. <https://doi.org/10.1111/jocs.16011>.
7. Blessberger H., Kellermair J., Kammler J. et al. Transapical off-pump mitral valve repair following prior mitral valve surgery: A case report. *Med. (United States)*. 2021;100(21);E26148. <http://doi.org/10.1097/MD.00000000000026148>.
8. Ahmed A., Abdel-Aziz T. A., AlAsaad M. M. R., Majthoob M. Transapical off-pump mitral valve repair with NeoChord implantation: A systematic review. *J. Card. Surg.* 2021;36(4);1492–1498. <https://doi.org/10.1111/jocs.15350>.
9. Brown A., Jefferson H. L., Fatehi Hassanabad A. et al. Echocardiographic and clinical outcomes following beating heart NeoChord DS1000 mitral valve repair: a single centre case series. *Front. Cardiovasc. Med.* 2023;10;1160979. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1160979>.
10. Bergonzoni E., D'Onofrio A., Mastro F., Gerosa G. Microinvasive mitral valve repair with transapical mitral neochordae implantation. *Front. Cardiovasc. Med.* 2023;10;1166892. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1166892>.
11. Demetrio P., Andrea C., Gianclaudio F. et al. Transesophageal echocardiography in NeoChord procedure. *Ann. Card. Anaesth.* 2015;18(2);191–197. <https://doi.org/10.4103/0971-9784.154473>.
12. Cobey F. C., Swaminathan M., Phillips-Bute B. et al. Assessment of the mitral valve coaptation zone with 2D and 3D transesophageal echocardiography before and after mitral valve repair. *J. Thorac. Dis.* 2018; 10(1);283–290. <http://doi.org/10.21037/jtd.2017.12.62>.
13. Cobey F. C., Swaminathan M., Phillips-Bute B. et al. Quantitative assessment of mitral valve coaptation using three-dimensional transesophageal echocardiography. *Ann. Thorac. Surg. Elsevier Inc.* 2014;97(6);1998–2004. <http://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2014.01.015>.
14. Colli A., Besola L., Montagner M. et al. Prognostic impact of leaflet-to-annulus index in patients treated with transapical off-pump echo-guided mitral valve repair with NeoChord implantation. *Int. J. Cardiol. Elsevier B.V.*, 2018;257;235–237. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.01.049>.
15. Manzan E., Azzolina D., Gregori D. et al. Combining echocardiographic and anatomic variables to predict outcomes of mitral valve repair with the NeoChord procedure. *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2021;10(1);122–130. <http://doi.org/10.21037/acs-2020-mv-96>.
16. Vairo A., Gaiero L., Marro M. et al. New echocardiographic parameters predicting successful trans-ventricular beating-heart mitral valve repair with neochordae at 3 years: Monocentric retrospective study. *J. Clin. Med.* 2023;12(5);1748. <https://doi.org/10.3390/jcm12051748>.

REFERENCES

1. Domenich B., Pomar J. L., Prat-González S. et al. Valvular heart disease epidemics. *J. Heart Valve Dis.* 2016;25(1);1–7. <https://doi.org/10.3390/jcm12051748>.

Информация об авторах:

Титов Никита Сергеевич, студент 6 курса, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-6302-0776; **Комок Владимир Владимирович**, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры хирургии факультетской с курсом лапароскопической хирургии и сердечно-сосудистой хирургии с клиникой, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-3834-7566; **Немков Александр Сергеевич**, доктор медицинских наук, профессор кафедры хирургии факультетской с курсом лапароскопической хирургии и сердечно-сосудистой хирургии с клиникой, врач – сердечно-сосудистый хирург кардио-хирургического отделения, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-5152-0001; **Хубулава Геннадий Григорьевич**, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, зав. кафедрой хирургии факультетской с курсом лапароскопической хирургии и сердечно-сосудистой хирургии с клиникой, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-9242-9941.

Information about authors:

Titov Nikita S., 6th year student, Pavlov University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-6302-0776; **Komok Vladimir V.**, Cand. of Sci. (Med.), Assistant of the Department of Faculty Surgery with the Course of Laparoscopic Surgery and Cardiovascular Surgery with the Clinic, Pavlov University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-3834-7566; **Nemkov Aleksandr S.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor of the Department of Surgery of the Faculty with the Course of Laparoscopic Surgery and Cardiovascular Surgery with the Clinic, Cardiovascular Surgeon of the Cardiac Surgery Department, Pavlov University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-5152-0001; **Khbulava Gennady G.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Faculty Surgery with the Course of Laparoscopic Surgery and Cardiovascular Surgery with the Clinic, Pavlov University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-9242-9941.