

<https://doi.org/10.24835/1607-0771-2021-1-32-41>

# **Предикторы негерметичной перевязки (изоляции) ушка левого предсердия при коронарном шунтировании на работающем сердце по данным интраоперационной чреспищеводной эхокардиографии**

**С.Т. Энгиноев<sup>1,2</sup>, Д.Р. Стомпель<sup>1</sup>, О.В. Калмыкова<sup>1</sup>,  
О.В. Кондратьева<sup>1</sup>, Р.Н. Комаров<sup>3</sup>, Д.Г. Тарасов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Астрахань

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО “Астраханский государственный медицинский университет” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Астрахань

<sup>3</sup> Клиника аортальной и сердечно-сосудистой хирургии ФГАОУ ВО “Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова” Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), г. Москва

---

С.Т. Энгиноев – врач – сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения №1 ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Министерства здравоохранения Российской Федерации; ассистент кафедры сердечно-сосудистой хирургии ФПО ФГБОУ ВО “Астраханский государственный медицинский университет” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Астрахань. <https://orcid.org/0000-0002-8376-3104>

Д.Р. Стомпель – заведующий отделением ультразвуковой и функциональной диагностики ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Астрахань. <https://orcid.org/0000-0002-2400-8045>

О.В. Калмыкова – врач ультразвуковой диагностики отделения ультразвуковой и функциональной диагностики ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Астрахань.

О.В. Кондратьева – заведующая консультативно-диагностическим отделением ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Астрахань. <https://orcid.org/0000-0002-2321-8155>

Р.Н. Комаров – д.м.н., заведующий кафедрой факультетской хирургии №1 ФГАОУ ВО “Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова” Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), г. Москва. <https://orcid.org/0000-0002-3904-6415>

Д.Г. Тарасов – к.м.н., главный врач ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Астрахань. <https://orcid.org/0000-0002-0866-3939>

**Контактная информация:** 414011 г. Астрахань, ул. Покровская Роща, д. 4, Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии, кардиохирургическое отделение №1. Энгиноев Сослан Тайсумович. Тел.: +7 (927) 576-40-06. E-mail: [surgery-89@yandex.ru](mailto:surgery-89@yandex.ru)

**Цель:** выявление предикторов негерметичной эпикардиальной перевязки (изоляции) ушка левого предсердия (УЛП) при коронарном шунтировании на работающем сердце по данным чреспищеводной эхокардиографии (ЧПЭ).

**Материал и методы:** в исследование были включены 37 больных ишемической болезнью сердца, которым была выполнена эпикардиальная перевязка УЛП при коронарном шунтировании на работающем сердце. Средний возраст больных составил  $58,7 \pm 7,7$  года (38–74 года). Большинство пациентов были мужчины – 35 (95%). Артериальная гипертензия и фибрillation предсердий зарегистрированы у всех больных. Ультразвуковые исследования сердца проводились на аппарате iE33 (Philips, Нидерланды) с использованием секторного датчика 1–5 МГц и чреспищеводного секторного датчика 2–7 МГц. Всем пациентам выполнялся интраоперационный ЧПЭ-мониторинг (до перевязки и после перевязки УЛП). До перевязки УЛП оценивали ширину устья УЛП, длину УЛП, соотношение ширины устья к длине УЛП, площадь УЛП, кровоток в устье УЛП и УЛП при цветовом допплеровском картировании, скорость кровотока в УЛП при импульсноволновой допплерографии. После перевязки УЛП оценивали герметичность перевязки УЛП путем определения сообщения между УЛП и левым предсердием при цветовом допплеровском картировании. Негерметичной перевязку УЛП считали в тех случаях, когда удавалось выявить сообщение между УЛП и левым предсердием. При наличии негерметичной перевязки УЛП определяли диаметр сообщения (ширину устья УЛП после перевязки) между УЛП и левым предсердием.

**Результаты:** негерметичная перевязка УЛП при ЧПЭ выявлена у 10 (27%) пациентов. При анализе данных интраоперационной ЧПЭ до перевязки определены достоверные различия ширины устья УЛП ( $P = 0,001$ ), соотношения ширины устья УЛП к длине УЛП ( $P = 0,03$ ) и площади УЛП ( $P = 0,005$ ) при сравнении пациентов с герметичной и негерметичной перевязкой. Предикторами негерметичной перевязки УЛП могут быть ширина устья УЛП  $\geq 18,4$  мм (чувствительность – 60,0%, специфичность – 100,0%), соотношение ширины устья УЛП к длине УЛП  $\geq 0,8$  (чувствительность – 30,0%, специфичность – 92,6%) и площадь УЛП  $\geq 4,21 \text{ см}^2$  (чувствительность – 60,0%, специфичность – 100,0%).

**Выводы:** частота негерметичной эпикардиальной перевязки УЛП при коронарном шунтировании на работающем сердце составила 27%. Для прогнозирования негерметичной перевязки УЛП при проведении ЧПЭ получен ряд высокоспецифичных критериев, чувствительность которых 30,0–60,0%.

**Ключевые слова:** интраоперационная чреспищеводная эхокардиография, перевязка ушка левого предсердия, негерметичная перевязка ушка левого предсердия, коронарное шунтирование на работающем сердце.

**Цитирование:** Энгиноев С.Т., Стомпель Д.Р., Калмыкова О.В., Кондратьева О.В., Комаров Р.Н., Тарасов Д.Г. Предикторы негерметичной перевязки (изоляции) ушка левого предсердия при коронарном шунтировании на работающем сердце по данным интраоперационной чреспищеводной эхокардиографии. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2021; 1: 32–41.  
<https://doi.org/10.24835/1607-0771-2021-1-32-41>

## ВВЕДЕНИЕ

Перевязка ушка левого предсердия (УЛП) часто выполняется во время кардиохирургических операций [1–3]. Впервые ушивание УЛП было предложено в качестве дополнения к митральной вальвулотомии до появления искусственного кровообращения. J.L. Madden в 1949 г. опубликовал статью о двух случаях резекции УЛП [4]. Имеются доказательства того, что УЛП является основным источником тромбообразования у пациентов с фибрилляцией предсердий [5–7], и вмешательство на УЛП у такой категории пациентов уменьшает риск развития инсульта в отдаленном периоде [8–12]. Герметичная перевязка УЛП является хирургической целью. E.S. Katz et al. [13] показали, что негерметичное ушивание УЛП имелось у 36% больных.

В проводимых метаанализах в основном не рассматривались больные, которым выполнялось коронарное шунтирование на работающем сердце [10–12]. В связи с этим данных о частоте негерметичной перевязки УЛП и об ультразвуковых предикторах негерметичной перевязки УЛП у больных, которым выполнялось коронарное шунтирование на работающем сердце, недостаточно. Это определяет актуальность данного исследования.

Цель исследования – выявление предикторов негерметичной эпикардиальной перевязки (изоляции) УЛП при коронарном шунтировании на работающем сердце по данным чреспищеводной эхокардиографии (ЧПЭ).

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование были включены 37 больных ишемической болезнью сердца, которым была выполнена эпикардиальная перевязка УЛП при коронарном шунтировании на работающем сердце. Оперативные вмешательства были осуществлены в ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Астрахань). Средний возраст больных составил  $58,7 \pm 7,7$  года (38–74 года). Большинство пациентов были мужчины – 35 (95%).

Артериальная гипертензия и фибрилляция предсердий зарегистрированы у всех

больных. Ранее инсульт перенесли 4 (11%) пациента.

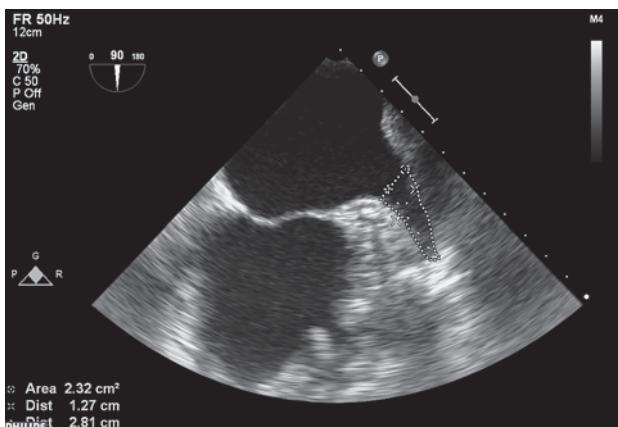
Критерии исключения: острый коронарный синдром; конверсия (переход на искусственное кровообращение); повторное коронарное шунтирование; тромбоз левых отделов сердца; гемодинамически значимые поражения брахиоцефальных сосудов; сопутствующая патология со стороны сердца, которая требовала хирургических вмешательств.

Всем пациентам была проведена эпикардиальная перевязка УЛП при коронарном шунтировании на работающем сердце. После наложения дистальных анастомозов с коронарными артериями выполнялась наружная эпикардиальная перевязка (изоляция) УЛП нитью Prolene 3/22 с двумя прокладками, не прокалывая всю стенку, а лишь с захватом эпикарда.

Ультразвуковые исследования сердца проводились на аппарате iE33 (Philips, Нидерланды) с использованием секторного датчика 1–5 МГц и чреспищеводного секторного датчика 2–7 МГц. Всем пациентам выполнялся интраоперационный ЧПЭ-мониторинг. Для визуализации УЛП использовали нейтральное положение датчика с углом отклонения 80–100°.

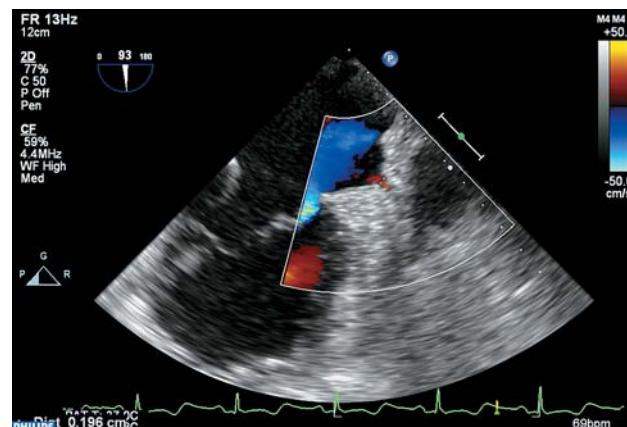
По данным интраоперационного ЧПЭ-мониторинга до перевязки оценивали ширину устья УЛП, длину УЛП, соотношение ширины устья к длине УЛП, площадь УЛП, кровоток в устье УЛП и УЛП при цветовом допплеровском картировании, скорость кровотока в УЛП при импульсно-волновой допплерографии. На рис. 1 представлено измерение ширины устья УЛП и длины УЛП до эпикардиальной перевязки УЛП.

По данным интраоперационного ЧПЭ-мониторинга непосредственно после эпикардиальной перевязки УЛП оценивали герметичность перевязки УЛП путем определения сообщения между УЛП и ЛП при цветовом допплеровском картировании. Негерметичной перевязке УЛП считали в тех случаях, когда удавалось выявить сообщение между УЛП и ЛП. При наличии негерметичной перевязки УЛП определяли диаметр сообщения (ширину устья УЛП после перевязки) между УЛП и ЛП (рис. 2). Описанная верификация была использована и в других работах [13–15].



**Рис. 1.** Интраоперационная ЧПЭ до эпикардиальной перевязки УЛП. Средне-пищеводное нейтральное положение датчика. Угол отклонения 94°. Измерение ширины устья УЛП (13 мм), длины (28 мм) и площади (2,3 см<sup>2</sup>) УЛП (маркеры).

**Fig. 1.** Intraoperative transesophageal echocardiography before left atrium appendage ligation. Width of the left atrium appendage ostium – 13 mm, left atrium appendage length – 28 mm, and left atrium appendage area – 2.3 cm<sup>2</sup>.



**Рис. 2.** Контрольная интраоперационная ЧПЭ после эпикардиальной перевязки УЛП. Средне-пищеводное нейтральное положение датчика. Угол отклонения 93°. Измерение диаметра сообщения (2,0 мм) между УЛП и ЛП после негерметичной перевязки (маркеры).

**Fig. 2.** Intraoperative transesophageal echocardiography after incomplete left atrium appendage ligation (persistent flow demonstrated by color Doppler). Width of the left atrium appendage ostium – 2.0 mm.

Статистическая обработка материала выполнялась с использованием пакета программного обеспечения IBM SPSS Statistics version 23.0. Выполнена проверка всех количественных переменных на тип распределения с помощью критерия Колмогорова–Смирнова, графически – с помощью квантильных диаграмм, а также показателей асимметрии и эксцесса. Центральные тенденции и рассеяния количественных признаков, имеющих нормальное распределение, описывали в форме  $M \pm \sigma$  (среднее значение  $\pm$  стандартное отклонение), минимального – максимального значений. В случае отличного от нормального распределения количественные признаки описывали в виде медианы ( $Me$ ), интерквартильного размаха (25–75-й процентили, 1–3-й квартили ( $Q_1$ – $Q_3$ )), минимального – максимального значений. Количественные данные независимых групп сравнивались с помощью межгруппового непараметрического критерия Манна–Уитни или параметрического t-критерия Стьюдента. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимали за 0,05. Для определения диагностической значимости параметров УЛП при прогнозировании не-

герметичной перевязки УЛП использовался метод построения ROC-кривых.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По данным дооперационной трансторакальной эхокардиографии среднее значение передне–заднего размера левого предсердия (ЛП) составило  $4,2 \pm 0,6$  см (3,0–5,1 см), медиана объема ЛП – 78 мл (66–92, 46–92 мл), медиана систолического давления в легочной артерии (СДЛА) – 29 мм рт. ст. (25–35, 20–40 мл), среднее значение фракции выброса (ФВ) левого желудочка (ЛЖ) –  $53,0 \pm 6,2\%$  (30–68%).

Негерметичная перевязка УЛП наблюдалась у 10 из 37 (27%) больных (см. рис. 2). Медиана диаметра сообщения между УЛП и ЛП после негерметичной перевязки составила 2,0 мм, интерквартильный размах – 1,7–3,1 мм, минимальное – максимальное значения – 1,5–4,0 мм.

В таблице представлены результаты интраоперационной ЧПЭ до перевязки УЛП у больных с герметичной и негерметичной перевязкой УЛП. В группе пациентов с негерметичной перевязкой УЛП статистически значимо больше были значения шири-

## Показатели интраоперационной ЧПЭ у больных до перевязки УЛП

Показатели	Все пациенты (n = 37)	Пациенты с герметичной перевязкой УЛП (n = 27)	Пациенты с негерметичной перевязкой УЛП (n = 10)	P
Ширина устья УЛП, мм	14 12–16 10–24	13 11–15 10–17	20 15–20 13–24	0,001
Длина УЛП, мм	26 23–30 17–39	26 21–30 17–39	27 25–30 23–39	0,3
Соотношение ширины устья УЛП к длине УЛП	0,6 ± 0,2 0,3–0,8	0,5 ± 0,1 0,3–0,8	0,7 ± 0,2 0,4–0,8	0,03
Площадь УЛП, см <sup>2</sup>	3,0 ± 1,1 1,6–5,2	2,6 ± 0,6 1,6–3,7	4,2 ± 1,3 2,3–5,2	0,005
Скорость кровотока в УЛП, см/с	49,3 ± 15,7 14,0–83,0	49,8 ± 15,0 25,0–83,0	48,0 ± 18,0 14,0–83,0	0,8

*Примечание:* в случае нормального распределения количественные показатели представлены в виде  $M \pm SD$ , минимального – максимального значений; в противном случае – в виде Me, Q1–Q3, минимального – максимального значений.

## Intraoperative transesophageal echocardiography parameters before left atrium appendage ligation

Parameters	All patients (n = 37)	Patients with complete LAA ligation (n = 27)	Patients with incomplete LAA ligation (n = 10)	P
Width of LAA ostium, mm	14 12–16 10–24	13 11–15 10–17	20 15–20 13–24	0.001
LAA length, mm	26 23–30 17–39	26 21–30 17–39	27 25–30 23–39	0.3
Width of LAA ostium/LAA length ratio	0.6 ± 0.2 0.3–0.8	0.5 ± 0.1 0.3–0.8	0.7 ± 0.2 0.4–0.8	0.03
LAA area, cm <sup>2</sup>	3.0 ± 1.1 1.6–5.2	2.6 ± 0.6 1.6–3.7	4.2 ± 1.3 2.3–5.2	0.005
LAA flow velocity, см/с	49.3 ± 15.7 14.0–83.0	49.8 ± 15.0 25.0–83.0	48.0 ± 18.0 14.0–83.0	0.8

*Note:* Mean ± SD and range for normally distributed data; median, Q1–Q3, and range for non-normally distributed data.

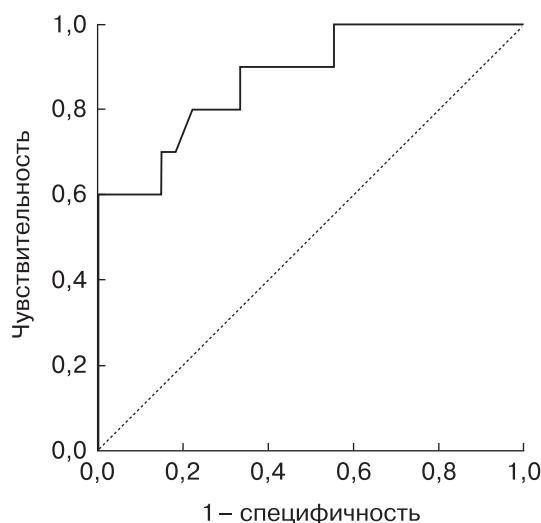
*Abbreviations:* LAA – left atrium appendage, SD – standard deviation, Q1 – 25<sup>th</sup> percentile, Q3 – 75<sup>th</sup> percentile.

ны устья УЛП, соотношения ширины устья УЛП к длине УЛП и площади УЛП. Такие показатели, как длина УЛП и скорость кровотока в УЛП, статистически значимо не различались между группами.

Для выявления пороговых значений показателей УЛП, при которых перевязка может оказаться негерметичной, был выполнен ROC-анализ по параметрам ширины устья УЛП (рис. 3), соотношения шири-

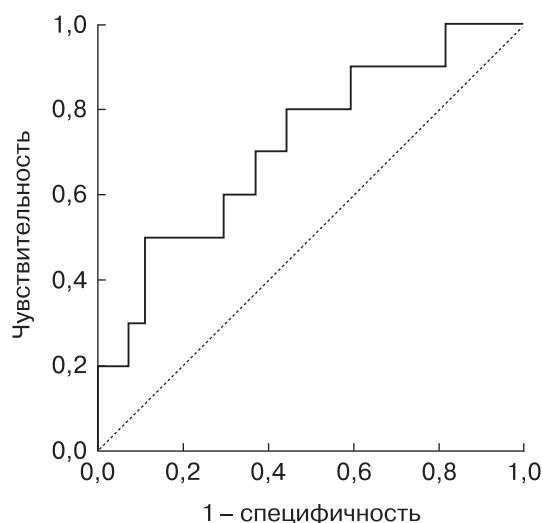
ны устья УЛП к длине УЛП (рис. 4) и площасти УЛП (рис. 5).

Площадь под ROC-кривой, соответствующей прогнозу негерметичной перевязки УЛП с помощью ширины устья УЛП, составила  $0,876 \pm 0,060$  с 95%-м доверительным интервалом (ДИ) 0,740–0,990. Полученная модель была статистически значимой ( $P = 0,001$ ). Пороговое значение ширины устья УЛП равно 18,4 мм. При ширине



**Рис. 3.** ROC-кривая для определения диагностической значимости ширины устья УЛП при прогнозировании негерметичной перевязки УЛП.

**Fig. 3.** ROC-curve for width of the left atrium appendage ostium in incomplete left atrial appendage ligation prognosis. AUC – 0.876.



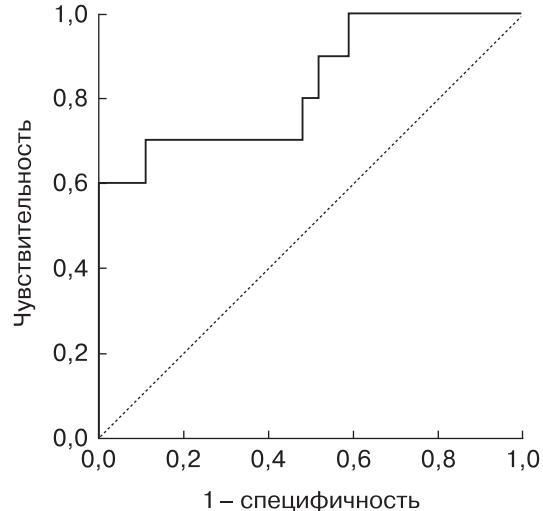
**Рис. 4.** ROC-кривая для определения диагностической значимости соотношения ширины устья УЛП к длине УЛП при прогнозировании негерметичной перевязки УЛП.

**Fig. 4.** ROC-curve for width of left atrium appendage ostium/LAA length ratio in incomplete left atrial appendage ligation prognosis. AUC – 0.719.

устья УЛП, равной или превышающей данное значение, прогнозировалась негерметичная перевязка УЛП. Чувствительность и специфичность составили 60,0 и 100,0% соответственно.

Площадь под ROC-кривой, соответствующей прогнозу негерметичной перевязки УЛП с помощью соотношения ширины устья УЛП к длине УЛП, составила  $0,719 \pm 0,096$  с 95%-ным ДИ 0,530–0,900. Полученная модель была статистически значимой ( $P = 0,04$ ). Пороговое значение соотношения ширины устья УЛП к длине УЛП равно 0,8. При соотношении ширины устья УЛП к длине УЛП, равном или превышающем данное значение, прогнозировалась негерметичная перевязка УЛП. Чувствительность и специфичность составили 30,0 и 92,6% соответственно.

Площадь под ROC-кривой, соответствующей прогнозу негерметичной перевязки УЛП с помощью площади УЛП, составила  $0,830 \pm 0,080$  с 95%-ным ДИ 0,660–0,990. Полученная модель была статистически значимой ( $P = 0,002$ ). Пороговое значение площади УЛП равно 4,21 см<sup>2</sup>. При площади УЛП, равной или превышающей данное



**Рис. 5.** ROC-кривая для определения диагностической значимости площади УЛП при прогнозировании негерметичной перевязки УЛП.

**Fig. 5.** ROC-curve for left atrium appendage area in incomplete left atrial appendage ligation prognosis. AUC – 0.830.

значение, прогнозировалась негерметичная перевязка УЛП. Чувствительность и специфичность составили 60,0 и 100,0% соответственно.

Таким образом, для прогнозирования негерметичной перевязки УЛП при проведении ЧПЭ получены три высокоспецифичных критерия, чувствительность которых колебалась от 30,0 до 60,0%.

## ОБСУЖДЕНИЕ

E.S. Katz et al. [13] проанализировали 50 пациентов, у которых во время вмешательства на митральном клапане (на остановленном сердце) выполнялось эндокардиальное ушивание УЛП двухрядным швом нитью Prolene 4/0. Это исследование показало, что по данным ЧПЭ негерметичное ушивание УЛП имеется у 36% (18 из 50) больных. На результат не повлияли ни размер ЛП, ни степень регургитации, ни тип вмешательства на митральном клапане.

M.A. Garcia-Fernandez et al. [14] ретроспективно проанализировали 205 больных после вмешательств на митральном клапане (на остановленном сердце). Лигирование УЛП было выполнено у 58 (28,3%) больных. По данным ЧПЭ негерметичное лигирование УЛП обнаружено у 6 (10,3%) пациентов. Многофакторный анализ показал, что отсутствие лигирования УЛП (отношение шансов (ОШ) – 6,7, 95%-ный ДИ – 1,5–31,0; Р = 0,02) и обнаружение тромба в ЛП или УЛП по данным ЧПЭ (ОШ – 5,8, 95%-ный ДИ – 1,2–27,3; Р = 0,03) являются независимыми предикторами возникновения эмболии после протезирования МК. Более того, если в модель было включено негерметичное лигирование УЛП по данным ЧПЭ, то ОШ увеличивалось до 11,9 (95%-ный ДИ – 1,5–93,6; Р = 0,02). Это основные факторы риска развития тромбоэмбологических осложнений в течение среднего периода наблюдения 69,4 мес.

A.S. Kanderian et al. [15] выполнили ЧПЭ 137 больным после изоляции УЛП для оценки герметичности лигирования УЛП. Большинству больных операции проводили на остановленном сердце. Среднее значение времени, через которое проводилась ЧПЭ, было  $8,1 \pm 12,0$  мес ( $M \pm \sigma$ ). Успешное закрытие УЛП было достигнуто у 55 из 137 (40%) больных. Авторы проанализи-

ровали, какой из хирургических методов закрытия УЛП (резекция, шовное лигирование, лигирование при помощи степлера) является наиболее успешным. В группе, где выполнялась резекция УЛП ( $n = 52$ ), успех был достигнут в 73% (38) случаев; в группе, где выполнялось шовное лигирование ( $n = 73$ ), – в 23% (17) случаев; в группе, где выполнялось закрытие УЛП при помощи степлера ( $n = 12$ ), не было ни одного успешного результата. Таким образом, наибольший успех был достигнут в группе, где выполнялась резекция УЛП.

S. Chatterjee et al. [16] в своем обзоре показали, что герметичная изоляция УЛП, которая оценивалась при ЧПЭ, достигается в 0–100% случаев в зависимости от применяемой методики для изоляции УЛП. Для обеспечения надежной изоляции УЛП во время открытых кардиохирургических вмешательств предлагаются различные хирургические устройства, например, хирургическое устройство AtriClip (AtriCure, США) [17]. Успешная изоляция при помощи этого устройства была достигнута, по данным [17], в 95,7% случаев; по данным [18], в 98% случаев. По данным V. Kurfirst et al. [18], устройство AtriClip представляет собой эффективный и безопасный инструмент для окклюзии УЛП во время операций с искусственным кровообращением или на работающем сердце.

По нашим данным, негерметичная перевязка УЛП при коронарном шунтировании на работающем сердце имелась в 27% случаев. При интраоперационной ЧПЭ нами были определены ультразвуковые предикторы, которые могут прогнозировать негерметичную перевязку УЛП, такие как ширина устья УЛП  $\geq 18,4$  мм, соотношение ширины устья УЛП к длине УЛП  $\geq 0,8$  и площадь УЛП  $\geq 4,21 \text{ см}^2$ .

Новизна данного исследования заключается в том, что оно проводилось у пациентов, которые были оперированы на работающем сердце без искусственного кровообращения. Также впервые были определены ультразвуковые предикторы негерметичной перевязки УЛП.

Недостатком данного исследования является то, что данное исследование выполнялось в одном центре и на небольшом количестве пациентов (группу с негерметичной перевязкой УЛП составили 10 человек).

Также не проводились контрольные исследования в отдаленном периоде для оценки герметичности перевязки УЛП. Поэтому полученные в исследовании результаты требуют продолжения работы в этом направлении.

## ВЫВОДЫ

1) Частота негерметичной эпикардиальной перевязки УЛП при коронарном шунтировании на работающем сердце составляет 27%.

2) Предикторами негерметичной перевязки УЛП могут быть ширина устья УЛП  $\geq 18,4$  мм (чувствительность – 60,0%, специфичность – 100,0%), соотношение ширины устья УЛП к длине УЛП  $\geq 0,8$  (чувствительность – 30,0%, специфичность – 92,6%) и площадь УЛП  $\geq 4,21$  см<sup>2</sup> (чувствительность – 60,0%, специфичность – 100,0%).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Thomas T.V. Left atrial appendage and valve replacement. *Am. Heart J.* 1972; 84 (6): 838–839. [https://doi.org/10.1016/0002-8703\(72\)90079-8](https://doi.org/10.1016/0002-8703(72)90079-8)
- DiSesa V.J., Tam S., Cohn L.H. Ligation of the left atrial appendage using an automatic surgical stapler. *Ann. Thorac. Surg.* 1988; 46 (6): 652–653. [https://doi.org/10.1016/0002-8703\(72\)90079-8](https://doi.org/10.1016/0002-8703(72)90079-8)
- Landymore R., Kinley C.E. Staple closure of the left atrial appendage. *Can. J. Surg.* 1984; 27 (2): 144–145.
- Madden J.L. Resection of the left auricular appendix; a prophylaxis for recurrent arterial emboli. *J. Am. Med. Assoc.* 1949; 140 (9): 769–772. <https://doi.org/10.1001/jama.1949.02900440011003>
- Jorgensen H.S., Nakayama H., Reith J., Raaschou H.O., Olsen T.S. Acute stroke with atrial fibrillation. The Copenhagen Stroke Study. *Stroke*. 1996; 27 (10): 1765–1769. <https://doi.org/10.1161/01.str.27.10.1765>
- Blackshear J.L., Odell J.A. Appendage obliteration to reduce stroke in cardiac surgical patients with atrial fibrillation. *Ann. Thorac. Surg.* 1996; 61 (2): 755–759. [https://doi.org/10.1016/0003-4975\(95\)00887-x](https://doi.org/10.1016/0003-4975(95)00887-x)
- Stoddard M.F., Dawkins P.R., Prince C.R., Ammash N.M. Left atrial appendage thrombus is not uncommon in patients with acute atrial fibrillation and a recent embolic event: a transesophageal echocardiographic study. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1995; 25 (2): 452–459. [https://doi.org/10.1016/0735-1097\(94\)00396-8](https://doi.org/10.1016/0735-1097(94)00396-8)
- Энгиноев С.Т., Козьмин Д.Ю., Магомедов Г.М., Макеев С.А., Илов Н.Н., Стомпель Д.Р., Чернов И.И., Тарасов Д.Г. Эпикардиальная перевязка ушка левого предсердия у больных с фибрillationей предсердий во время коронарного шунтирования на работающем сердце. *Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал имени академика Б.В. Петровского.* 2019; 7 (3): 88–93. <https://doi.org/10.24411/2308-1198-2019-130108>
- Энгиноев С.Т., Козьмин Д.Ю., Магомедов Г.М., Чернов И.И., Комаров Р.Н., Тарасов Д.Г. Влияние перевязки ушка левого предсердия на частоту развития острого нарушения мозгового кровообращения при коронарном шунтировании на работающем сердце. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия.* 2019; 12 (6): 500–503. <https://doi.org/10.17116/kardio201912061500>
- Ibrahim A.M., Tandan N., Koester C., Al-Akchar M., Bhandari B., Botchway A., Abdelkarim J., Maini R., Labedi M. Meta-analysis evaluating outcomes of surgical left atrial appendage occlusion during cardiac surgery. *Am. J. Cardiol.* 2019; 124 (8): 1218–1225. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2019.07.032>
- Atti V., Anantha-Narayanan M., Turagam M.K., Koerber S., Rao S., Viles-Gonzalez J.F., Suri R.M., Velagapudi P., Lakireddy D., Benditt D.G. Surgical left atrial appendage occlusion during cardiac surgery: A systematic review and meta-analysis. *World J. Cardiol.* 2018; 10 (11): 242–249. <https://doi.org/10.4380/wjc.v10.i11.242>
- Martin Gutierrez E., Castano M., Gualis J., Martinez-Comendador J.M., Maiorano P., Castillo L., Laguna G. Beneficial effect of left atrial appendage closure during cardiac surgery: a meta-analysis of 280 585 patients. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2020; 57 (2): 252–262. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezz289>
- Katz E.S., Tsiamtsiouris T., Applebaum R.M., Schwartzbard A., Tunick P.A., Kronzon I. Surgical left atrial appendage ligation is frequently incomplete: a transesophageal echocardiographic study. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2000; 36 (2): 468–471. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(00\)00765-8](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(00)00765-8)
- Garcia-Fernandez M.A., Perez-David E., Quiles J., Peralta J., Garcia-Rojas I., Bermejo J., Moreno M., Silva J. Role of left atrial appendage obliteration in stroke reduction in patients with mitral valve prosthesis: a transesophageal echocardiographic study. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2003; 42 (7): 1253–1258. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(03\)00954-9](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(03)00954-9)
- Kanderian A.S., Gillinov A.M., Pettersson G.B., Blackstone E., Klein A.L. Success of surgical left atrial appendage closure: assessment by transesophageal echocardiography. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2008; 52 (11): 924–929. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2008.03.067>
- Chatterjee S., Alexander J.C., Pearson P.J., Feldman T. Left atrial appendage occlusion: lessons learned from surgical and transcatheter experiences. *Ann. Thorac. Surg.* 2011; 92 (6): 2283–2292. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2011.08.044>
- Ailawadi G., Gerdisch M.W., Harvey R.L., Hooker R.L., Damiano R.J. Jr., Salamon T., Mack M.J. Exclusion of the left atrial appendage with a novel device: early results of a multicenter trial. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2011; 142 (5): 1002–1009. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2011.07.052>

18. Kurfirst V., Mokracek A., Canadyova J., Frana R., Zeman P. Epicardial clip occlusion of the left atrial appendage during cardiac surgery provides optimal surgical results and long-term stability. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2017; 25 (1): 37–40. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivx065>
- REFERENCES**
1. Thomas T.V. Left atrial appendage and valve replacement. *Am. Heart J.* 1972; 84 (6): 838–839. [https://doi.org/10.1016/0002-8703\(72\)90079-8](https://doi.org/10.1016/0002-8703(72)90079-8)
  2. DiSesa V.J., Tam S., Cohn L.H. Ligation of the left atrial appendage using an automatic surgical stapler. *Ann. Thorac. Surg.* 1988; 46 (6): 652–653. [https://doi.org/10.1016/0002-8703\(72\)90079-8](https://doi.org/10.1016/0002-8703(72)90079-8)
  3. Landymore R., Kinley C.E. Staple closure of the left atrial appendage. *Can. J. Surg.* 1984; 27 (2): 144–145.
  4. Madden J.L. Resection of the left auricular appendix; a prophylaxis for recurrent arterial emboli. *J. Am. Med. Assoc.* 1949; 140 (9): 769–772. <https://doi.org/10.1001/jama.1949.02900440011003>
  5. Jorgensen H.S., Nakayama H., Reith J., Raaschou H.O., Olsen T.S. Acute stroke with atrial fibrillation. The Copenhagen Stroke Study. *Stroke.* 1996; 27 (10): 1765–1769. <https://doi.org/10.1161/01.str.27.10.1765>
  6. Blackshear J.L., Odell J.A. Appendage obliteration to reduce stroke in cardiac surgical patients with atrial fibrillation. *Ann. Thorac. Surg.* 1996; 61 (2): 755–759. [https://doi.org/10.1016/0003-4975\(95\)00887-x](https://doi.org/10.1016/0003-4975(95)00887-x)
  7. Stoddard M.F., Dawkins P.R., Prince C.R., Ammash N.M. Left atrial appendage thrombus is not uncommon in patients with acute atrial fibrillation and a recent embolic event: a transesophageal echocardiographic study. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1995; 25 (2): 452–459. [https://doi.org/10.1016/0735-1097\(94\)00396-8](https://doi.org/10.1016/0735-1097(94)00396-8)
  8. Enginoev S.T., Kozmin D.Yu., Magomedov G.M., Makeev S.A., Ilov N.N., Stompel D.R., Chernov I.I., Tarasov D.G. Ligation of the left atrial appendage during coronary artery bypass grafting in patients with atrial fibrillation. *Clinical and Experimental Surgery. Petrovsky journal.* 2019; 7 (3): 88–93. <https://doi.org/10.24411/2308-1198-2019-13010> (in Russian)
  9. Enginoev S.T., Kozmin D.Yu., Magovedov G.M., Chernov I.I., Komarov R.N., Tarasov D.G. Ligation of left atrial appendage for prevention of stroke in off-pump coronary artery bypass surgery. *Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery.* 2019; 12 (6): 500–503. <https://doi.org/10.17116/kardio201912061500> (in Russian)
  10. Ibrahim A.M., Tandan N., Koester C., Al-Akchar M., Bhandari B., Botchway A., Abdelkarim J., Maini R., Labedi M. Meta-analysis evaluating outcomes of surgical left atrial appendage occlusion during cardiac surgery. *Am. J. Cardiol.* 2019; 124 (8): 1218–1225. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2019.07.032>
  11. Atti V., Anantha-Narayanan M., Turagam M.K., Koerber S., Rao S., Viles-Gonzalez J.F., Suri R.M., Velagapudi P., Lakkireddy D., Benditt D.G. Surgical left atrial appendage occlusion during cardiac surgery: A systematic review and meta-analysis. *World J. Cardiol.* 2018; 10 (11): 242–249. <https://doi.org/10.4330/wjc.v10.i11.242>
  12. Martin Gutierrez E., Castano M., Gualis J., Martinez-Comendador J.M., Maiorano P., Castillo L., Laguna G. Beneficial effect of left atrial appendage closure during cardiac surgery: a meta-analysis of 280 585 patients. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2020; 57 (2): 252–262. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezz289>
  13. Katz E.S., Tsiamtsiouris T., Applebaum R.M., Schwartzbard A., Tunick P.A., Kronzon I. Surgical left atrial appendage ligation is frequently incomplete: a transesophageal echocardiographic study. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2000; 36 (2): 468–471. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(00\)00765-8](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(00)00765-8)
  14. Garcia-Fernandez M.A., Perez-David E., Quiles J., Peralta J., Garcia-Rojas I., Bermejo J., Moreno M., Silva J. Role of left atrial appendage obliteration in stroke reduction in patients with mitral valve prosthesis: a transesophageal echocardiographic study. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2003; 42 (7): 1253–1258. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(03\)00954-9](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(03)00954-9)
  15. Kanderian A.S., Gillinov A.M., Pettersson G.B., Blackstone E., Klein A.L. Success of surgical left atrial appendage closure: assessment by transesophageal echocardiography. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2008; 52 (11): 924–929. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2008.03.067>
  16. Chatterjee S., Alexander J.C., Pearson P.J., Feldman T. Left atrial appendage occlusion: lessons learned from surgical and transcatheter experiences. *Ann. Thorac. Surg.* 2011; 92 (6): 2283–2292. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2011.08.044>
  17. Ailawadi G., Gerdisch M.W., Harvey R.L., Hooker R.L., Damiano R.J. Jr., Salamon T., Mack M.J. Exclusion of the left atrial appendage with a novel device: early results of a multicenter trial. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2011; 142 (5): 1002–1009. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2011.07.052>
  18. Kurfirst V., Mokracek A., Canadyova J., Frana R., Zeman P. Epicardial clip occlusion of the left atrial appendage during cardiac surgery provides optimal surgical results and long-term stability. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.*

## ***Predictors of incomplete ligation (isolation) of the left atrial appendage during off-pump coronary artery bypass grafting according to intraoperative transesophageal echocardiography***

S.T. Enginoev<sup>1,2</sup>, D.R. Stompel<sup>1</sup>, O.V. Kalmikova<sup>1</sup>, O.V. Kondratieva<sup>1</sup>, R.N. Komarov<sup>3</sup>, D.G. Tarasov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal Center for Cardiovascular Surgery, Astrakhan

<sup>2</sup> Astrakhan State Medical University, Astrakhan

<sup>3</sup> I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow

S.T. Enginoev – M.D., Department of Cardiac Surgery, Federal Center for Cardiovascular Surgery; Assistant Professor, Division of Cardiovascular Surgery, Astrakhan State Medical University, Astrakhan. <https://orcid.org/0000-0002-8376-3104>

D.R. Stompel – M.D., Head of Ultrasound and Functional Diagnostics Department, Federal Center for Cardiovascular Surgery, Astrakhan. <https://orcid.org/0000-0002-2400-8045>

O.V. Kalmikova – M.D., Ultrasound and Functional Diagnostics Department, Federal Center for Cardiovascular Surgery, Astrakhan.

O.V. Kondratieva – M.D., Federal Center for Cardiovascular Surgery, Astrakhan. <https://orcid.org/0000-0002-2321-8155>

R.N. Komarov – M.D., Ph.D., Director, Division of Surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-3904-6415>

D.G. Tarasov – M.D., Ph.D., Chief Physician, Federal Center for Cardiovascular Surgery, Astrakhan. <https://orcid.org/0000-0002-0866-3939>

*Correspondence to Dr. Soslan T. Enginoev. E-mail: surgery-89@yandex.ru*

**Objective:** To reveal predictors of incomplete epicardial ligation (isolation) of the left atrial appendage (LAA) during off-pump coronary artery bypass grafting according to intraoperative transesophageal echocardiography (TEE).

**Material and methods:** 37 patients with coronary heart disease (with arterial hypertension and atrial fibrillation in all cases) underwent epicardial LAA ligation during off-pump coronary artery bypass grafting. Mean age of patients was  $58.7 \pm 7.7$  years (38–74 years), 35 (95%) of them were male. Echocardiography utilized iE33 (Philips, Netherlands) with a 1–5 MHz sector probe and a 2–7 MHz transesophageal sector probe. Pre- and post-LAA ligation intraoperative TEE monitoring performed in all cases. In pre-LAA ligation examination, width of LAA ostium, LAA length, width of LAA ostium/LAA length ratio, LAA area, LAA and LAA ostium blood flow, and LAA blood flow velocity were assessed. In post-LAA ligation examination, completeness of ligation was assessed in color Doppler ultrasound. If the presence of communication between LAA and LA was revealed, LAA ligation considered as incomplete and diameter of communication (width of LAA ostium after ligation) was measured.

**Results:** In intraoperative TEE incomplete LAA ligation was detected in 10 (27%) patients. Significant differences of width of LAA ostium ( $P = 0.001$ ), width of LAA ostium/LAA length ratio ( $P = 0.03$ ), and LAA area ( $P = 0.005$ ) between patients with complete and incomplete ligation were found when analyzing the data of pre-ligation intraoperative TEE. Width of LAA ostium  $\geq 18.4$  mm (sensitivity – 60.0%, specificity – 100.0%), width of LAA ostium/LAA length ratio  $\geq 0.8$  (sensitivity – 30.0%, specificity – 92.6%), and LAA area  $\geq 4.21 \text{ cm}^2$  (sensitivity – 60.0%, specificity – 100.0%) can be considered as the predictors of incomplete LAA ligation.

**Conclusion:** The incidence of incomplete epicardial LAA ligation during off-pump coronary artery bypass grafting is 27%. A number of intraoperative TEE criteria for incomplete LAA ligation prognosis with ultra-high specificity were obtained, but sensitivity was only 30.0–60.0%.

**Key words:** intraoperative transesophageal echocardiography, ligation of the left atrium appendage, incomplete ligation of the left atrial appendage (unsuccessful left atrial appendage closure), off-pump coronary artery bypass grafting.

**Citation:** Enginoev S.T., Stompel D.R., Kalmikova O.V., Kondratieva O.V., Komarov R.N., Tarasov D.G. Predictors of incomplete ligation (isolation) of the left atrial appendage during off-pump coronary artery bypass grafting according to intraoperative transesophageal echocardiography. Ultrasound and Functional Diagnostics. 2021; 1: 32–41. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2021-1-32-41> (in Russian)