

## Особливості хірургічного лікування передсердних макро ре-ентрі тахіаритмій у пацієнтів старечої групи з імплантованим штучним водієм ритму серця

А. В. Якушев  \*A,B,C,D,E, О. А. Лозовий  B,D,E,F

ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України», м. Київ

A – концепція та дизайн дослідження; B – збір даних; C – аналіз та інтерпретація даних; D – написання статті; E – редагування статті; F – остаточне затвердження статті

Передсердні макро ре-ентрі тахікардії – найпоширеніші тахіаритмії в структурі порушень ритму серця у людей похилого віку. «Золотим стандартом» лікування передсердних макро ре-ентрі аритмій є катетерні абляції, проте в старечій групі пацієнтів ризики від складних абляцій часто переважають користь.

**Мета роботи** – визначити оптимальний обсяг катетерної абляції при передсердній тахіаритмії за допомогою імплантованого штучного водія ритму серця у пацієнтів старечої вікової групи.

**Матеріали та методи.** Робота ґрунтується на ретроспективному аналізі результатів хірургічного лікування в ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України» 45 пацієнтів старечого віку (75–90 років) із передсердними макро ре-ентрі тахікардіями, яким попередньо було встановлено штучний водій ритму серця. Залежно від відповіді кола тахікардії на електричну стимуляцію, що оцінювали за різницею постстимуляційного інтервалу (PPI) та циклу тахікардії (CL), пацієнтів поділили на 3 групи: у I (n = 20) включили пацієнтів із PPI-CL 20–40 мс; у II (n = 12) – хворих із PPI-CL 40–60 мс; у III (n = 13) – осіб із PPI-CL ≥60 мс.

**Результати.** У I групі (n = 20) у 100 % пацієнтів виявили істмус-залежну ре-ентрі тахіаритмію та виконали абляцію каво-трикуспідального перешийка. В II групі (n = 12) у 4 (33 %) осіб діагностували ре-ентрі тахікардію навколо правих легеневих вен, у 8 (67 %) пацієнтів – ре-ентрі тахікардію навколо мітрального клапана. В III групі (n = 13) у 8 (62 %) хворих виявили макро ре-ентрі навколо мітрального клапана, у 3 (23 %) пацієнтів – ре-ентрі навколо лівих легеневих вен, а в 2 (15 %) осіб – ре-ентрі даху лівого передсердя.

**Висновки.** Неінвазивне електрофізіологічне дослідження за допомогою штучного водія ритму серця може бути ефективним способом дослідження передсердних макро ре-ентрі тахіаритмій. Електрофізіологічний критерій PPI-SI менше ніж 20 мс можна використовувати як додатковий критерій діагностики для відбору пацієнтів для хірургічного лікування. Пацієнтам старечого віку катетерна абляція рекомендована в разі розташування кола ре-ентрі в правому передсерді.

### Ключові слова:

тріпотіння передсердь, пароксизмальна тахікардія, реципрокна тахікардія, кардіохірургія.

### Патологія. 2022.

T. 19, № 2(55).  
С. 93-97

### \*E-mail:

yakushevandriy@gmail.com

## Peculiarities of surgical treatment of atrial macro reentry tachyarrhythmia in elderly patients with implanted pacemaker

A. V. Yakushev, O. A. Lozovoy

Atrial macro reentry tachycardias are the most common tachyarrhythmias in the structure of cardiac arrhythmias in the elderly. Catheter ablations are the gold standard for the treatment of atrial macro reentry arrhythmias, but in the elderly group, the risks of complex ablations often outweigh the benefits.

**Aim:** to determine the optimal volume of catheter ablation in atrial tachyarrhythmia using an implanted pacemaker in elderly patients.

**Materials and methods.** The work is based on a retrospective analysis of the results of surgical treatment of (n = 45) elderly patients (75–90 years) with atrial macro reentry tachycardia, who were previously identified as an artificial pacemaker at the National M. Amosov Institute of Cardiovascular Surgery Affiliated to National Academy of Medical Sciences of Ukraine. Patients were divided into 3 groups depending on the response of the reentry tachycardia to electrical pacing (assessed by the difference between postpacing interval (PPI) and tachycardia cycle length (CL): group I – PPI-CL 20–40 ms; group II – PPI-CL 20–40 ms; group III – PPI-CL 60 ms and more.

**Results.** In the group I (n = 20) in 100 % of the patients isthmus-dependent reentry tachyarrhythmia was diagnosed and cava-tricuspid isthmus was ablated. In the group II (n = 12) 4 (33 %) patients were diagnosed with reentry tachycardia around the right pulmonary veins, in 8 (67 %) patients – reentrant tachycardia around the mitral valve. In the group III (n = 13) in 8 (62 %) patients macro reentry around the mitral valve was found, in 3 (23 %) – reentry around the left pulmonary veins, in another 2 (15 %) of the patients – reentry of the left atrial roof.

**Conclusions.** Non-invasive electrophysiological study with pacemaker can be an effective way to study atrial macro reentry tachyarrhythmias. Electrophysiological PPI-SI criteria less than 20 ms can be used as an additional diagnostic criterion for the selection of patients for surgical treatment. Catheter ablation is recommended for elderly patients when the reentry circle is located in the right atrium.

### Key words:

atrial flutters, paroxysmal tachycardia, reciprocating tachycardias, cardiac surgery.

### Pathologia

2022; 19 (2), 93-97

Передсердні макро ре-ентрі тахікардії – одні з найчастіших аритмій, що характеризуються передсердним ритмом з частотою, близькою до 300 уд./хв, та шлуночковим ритмом із різними варіантами АВ-проведення. Передсердні макро ре-ентрі називають тріпотінням передсердь (ТП). ТП вважають другою за поширеністю суправентрикулярною тахікардією після фібриляції передсердь (ФП) [1,8]. У частини пацієнтів передсердні макро ре-ентрі тахікардії поєднуються з ФП. Так, частоту виникнення ФП протягом 3 років оцінюють як 30–50 % [9]. Часті прояви передсердних макро ре-ентрі – запаморочення, відчуття слабкості, втрата свідомості, системні емболії тощо [2]. Факторами ризику виникнення ТП є структурні захворювання серця та вік.

Розрізняють типові (коло тахікардії виникає навколо тристулкового клапана (ТК)) та атипіві (коло знаходиться в будь-якій іншій ділянці передсердь) ТП [1]. У фаховій літературі описано різні локалізації ТП: навколо ТК, порожнистих вен, легеневих вен, мітрального клапана (МК), хірургічного рубця тощо [3, 12]. Причиною атипіві ТП часто є ділянки фіброзу, що формуються при підвищеному тиску в передсердях [4].

Ефективність медикаментозного лікування ТП низька, зменшується з його тривалою персистенцією [1]. Крім того, антиаритмічне лікування часто супроводжується ускладненнями та побічними діями фармакологічних препаратів. Враховуючи низьку ефективність медикаментозного лікування та вираженість симптомів передсердних макро ре-ентрі тахіаритмій, хірургічне лікування стає провідним методом у цих пацієнтів [3,6]. Електрофізіологічне дослідження (ЕФД) і захоплення кола тахікардії (entrainment) – єдиний спосіб встановити точний електрофізіологічний діагноз і визначити місце локалізації аритмії [2,11].

Ефективність катетерних абляцій залежить від локалізації кола тахікардії [5]. У разі типового ТП ефективність становить 95 %, ризик рецидиву – 5 % [1]. При атипіві ТП ефективність оцінюють як 70 % з істотно вищим рівнем рецидивування [10]. Ускладнення радіочастотних абляцій (РЧА) також залежать від локалізації кола тахікардії та використання додаткових хірургічних доступів: абляція субстрату типового ТП має менші ризики, ніж атипіві [1]. Так, ризик ускладнень РЧА при типовому ТП оцінюють як менше ніж 1 %, домінують ускладнення пункції [7]. РЧА атипіві ТП часто потребують пункції міжпередсердної перетинки, що підвищує ризик ускладнень процедури.

У світі продовжують дослідження зі встановлення оптимального обсягу катетерного лікування в хворих різних вікових груп і з різними видами ТП [9]. Неверішеним залишається питання щодо вибору стратегії лікування в пацієнтів старечої вікової групи (75–90 років) із передсердними макро ре-ентрі та оптимального обсягу катетерного лікування. Не з'ясована також роль імплантованих штучних водіїв ритму серця (ШВРС), які дають змогу виконувати ЕФД, в діагностиці та локалізації передсердних макро ре-ентрі тахіаритмій і плануванні РЧА.

## Мета роботи

Визначити оптимальний обсяг катетерної абляції при передсердній тахіаритмії за допомогою імплантова-

ного штучного водія ритму серця у пацієнтів старечої вікової групи.

## Матеріали і методи дослідження

Здійснили ретроспективний аналіз результатів лікування в ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України» 45 пацієнтів у 2010–2021 рр. Критерії залучення в дослідження – вік від 75 до 90 років, виявлені передсердні макро ре-ентрі тахікардії, попередньо встановлений ШВРС, інвазивне ЕФД і РЧА субстрату аритмії. Критерії виключення – молодший вік, наявність інших захворювань серця (інфекційного чи деструктивного походження, виражена структурна патологія клапанного апарату та клінічні прояви ішемічної хвороби серця). Дослідження здійснили відповідно до принципів Гельсінської декларації. Публікація матеріалів погоджена Комісією з біоетики ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України».

Усім пацієнтам до РЧА здійснили неінвазивне ЕФД за допомогою імплантованого ШВРС. У всіх пацієнтів передсердний електрод імплантовано у вушко правого передсердя. Причина імплантації ШВРС у 27 пацієнтів – повна АВ-блокада, у 4 осіб – АВ-блокада II ступеня (Мобітц 2), у 14 хворих – дисфункція синусового вузла. Усім пацієнтам виконували захоплення кола передсердної тахіаритмії (entrainment) за допомогою імплантованого ШВРС, вимірювали post pacing interval (PPI) та цикл передсердної тахікардії (CL).

На групі пацієнтів поділили залежно від величини PPI-CL, що визначили за ендограмами, отриманими за допомогою ШВРС. У групу I (n = 20) включили пацієнтів (12 чоловіків, 8 жінок) із PPI-CL 20–40 мс; у групу II (n = 12) – хворих (6 чоловіків, 6 жінок) із PPI-CL 40–60 мс; у групу III (n = 13) залучили осіб (7 чоловіків, 6 жінок) із PPI-CL  $\geq$  60 мс.

Контроль результатів РЧА здійснювали за допомогою аналізу записів ендограм ШВРС під час його планової перевірки кожні 6 місяців. Перевірку ШВРС виконали за допомогою програматорів Programmer 2090 (Medtronic, США), Merlin (Saint Jude Medical, США) та Zoom Latitude (Boston Scientific, США). РЧА здійснили за допомогою ангиографа Infinix CC (Toshiba, Японія), електрофізіологічної системи Lab Pro System (Bard Electrophysiology, США) та системи електроанатомічної навігації Ensite Precision (Saint Jude Medical, США). Період спостереження становив від 1 до 10 років.

Для оптимізації математичного опрацювання результатів сформували базу даних, що побудована за допомогою електронних таблиць Microsoft Excel. Статистично дані опрацювали за допомогою пакета прикладних програм Statistica 13.0 (Trial version). Відповідність розподілу даних до закону нормального розподілу перевірили, використавши Shapiro–Wilk test. Категоріальні змінні наведено як абсолютна кількість випадків (n) у групі та частота у відсотках (%). Міжгрупові відмінності якісних ознак оцінювали, застосовуючи критерій  $\chi^2$  Пірсона (Pearson's Chi-squared test). Статистичну вірогідність визначали на рівні не нижче ніж 95,0 % ( $p < 0,05$ ).



Під час процедур ЕФД і РЧА найчастіше ускладнення – гематоми в місці пункції стегнової вени. Ці ускладнення зафіксували в 1 пацієнта I групи (1 із 20 – 5 %), 4 хворих II групи (4 з 12 – 33 %), 3 осіб із III групи (3 із 13 – 23 %). У всіх випадках гематоми були не суттєві, не потребували специфічного лікування. Частіше виникнення гематом у II і III групах, імовірно, пов'язане з більшою тривалістю процедури та необхідністю постійного введення гепарину при РЧА в ЛП. Зазначимо, що відмінності за частотою виникнення гематом у групах не були статистично вірогідними (за критерієм Пірсона  $\chi^2 = 0,135$ ). На другому місці за частотою виникнення – випит у перикард (у 1 пацієнта I групи та 2 осіб із II групи), хірургічного втручання ці хворі не потребували.

Серед більш клінічно значущих ускладнень – тампонада серця (1 випадок у II групі) та гемоперикард (2 пацієнти у III групі), що зумовили необхідність дренування перикарда та припинення антикоагулянтної терапії. Особливість ускладнень у III групі пацієнтів – виникнення транзиторної ішемічної атаки під час РЧА (1 випадок) і гемодинамічно значущого вазоспазму коронарних судин зі зниженням гемодинаміки (1 пацієнт); хворі отримали консервативне лікування. Виникнення цих ускладнень, імовірно, було неспецифічним і не може свідчити про більшу кількість ускладнень у III групі.

## Обговорення

Сучасна електрофізіологія дає змогу діагностувати та виконувати катетерні абляції в будь-яких анатомічних ділянках серця. Фізіологічно з віком міокард втрачає пружні властивості, зростає ризик пошкодження стінки серця та розвитку тампонади, особливо під час маніпуляції електродами в лівих відділах серця. Ба більше, доступи до лівих відділів із віком частіше ускладнюються тромбоемболіями, що пов'язано зі складністю підтримки антикоагуляції на сталому рівні. В пацієнтів старечого віку ризик ускладнень істотний, тому в багатьох хірургічних центрах віддають перевагу катетерним абляціям у разі правопередсердних тахіаритмій і неінвазивному лікуванню (медикаментозно) при лівопередсердних [15, 16].

У цій роботі вперше використали дані, отримані з імплантованого ШВРС, для оцінювання механізму та визначення місця розташування кола тахікардії. Виявили, що інвазивне ЕФД підтвердило дані, отримані під час неінвазивного ЕФД за допомогою ШВРС. Критерій PPI-CI менше ніж 20 мс при стимуляції з вушка ПП свідчить про близьке розташування кола тахікардії до вушка ПП, що часто спостерігають у разі істмус-залежного тріпотіння передсердь; це підтвердили інші дослідники при інвазивному ЕФД [13].

Зазначимо, що для оцінювання місця розташування використовують показник часу, за який електричний імпульс від стимульованого електрода досягає кола тахікардії та повертається до електрода. Нині це єдиний метод визначення локалізації кола тахікардії (без використання навігаційної системи), залежить від швидкості проведення електричного збудження в міокарді, що може бути зниженою в пацієнтів старечого вікової групи та хибно свідчити про розташування кола тахікардії в лівих відділах серця [14].

Імплантований ШВРС дає змогу провести ЕФД з однієї точки (місця імплантації електрода), захопити коло (entrainment) тахікардії та оцінити його приблизне місце розташування. Час проходження імпульсу від визначеної точки розташування електрода дає змогу завчасно оцінити обсяг хірургічного втручання та відрізнити типове правопередсердне тріпотіння передсердь від лівопередсердних макро ре-ентрі.

Обмеження цього дослідження – аналіз трьох найпоширеніших передсердних макро ре-ентрі тахіаритмій із виключенням постінцеїзійних тахіаритмій і рідкісних форм передсердних макро ре-ентрі, оскільки поєднання старечого віку, факту імплантації ШВРС і необхідності виконувати РЧА з приводу названих форм аритмій трапляється вкрай рідко [16].

## Висновки

1. Неінвазивне ЕФД за допомогою ШВРС може бути ефективним альтернативним способом дослідження передсердних макро ре-ентрі тахіаритмій.

2. Електрофізіологічний критерій PPI-CI менше ніж 20 мс можна використовувати як додатковий критерій діагностики істмус-залежного ТП при імплантованому передсердному електроді у вушко ПП.

3. У пацієнтів старечого віку абляція каво-трикуспіального перешийка – ефективна та безпечна процедура. Абляція макро ре-ентрі в лівому передсерді пов'язана з підвищеними ризиками процедури та меншою ефективністю, тому не рекомендована пацієнтам старечого віку.

**Перспективи подальших досліджень** полягають у продовженні набору пацієнтів з імплантованими ШВРС і передсердними макро ре-ентрі тахікардіями (особливо такими, що через малу кількість не включені в це дослідження). Буде продовжено набір пацієнтів із постінцеїзійними макро ре-ентрі. Триває робота з розроблення критеріїв діагностики макро та мікро ре-ентрі тахіаритмій за допомогою відповіді на електричну кардіостимуляцію з різних точок.

## Фінансування

Дослідження виконане в рамках НДР «Діагностика та хірургічне лікування суправентрикулярних макро-реентрі тахіаритмій», № держреєстрації 0121U112955.

**Конфлікт інтересів:** відсутній.

**Conflicts of interest:** authors have no conflict of interest to declare.

Надійшла до редакції / Received: 10.05.2022

Після доопрацювання / Revised: 26.05.2022

Прийнято до друку / Accepted: 20.06.2022

## Відомості про авторів:

Якушев А. В., канд. мед. наук, науковий співробітник, ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України», м. Київ.

ORCID ID: [0000-0001-7888-1838](https://orcid.org/0000-0001-7888-1838)

Лозовий О. А., лікар-хірург серцево-судинний, ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України», м. Київ.

ORCID ID: [0000-0003-4646-8365](https://orcid.org/0000-0003-4646-8365)



## Information about authors:

Yakushev A. V., MD, PhD, Researcher, National M. Amosov Institute of Cardiovascular Surgery Affiliated to National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv.  
Lozovoy O. A., MD, Cardiovascular surgeon, National M. Amosov Institute of Cardiovascular Surgery Affiliated to National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv.

## Список літератури

- [1] Dynamic voltage threshold adjusted substrate modification technique for complex atypical atrial flutters with varying circuits / N. Methachittiphan, N. Akoum, R. Gopinathannair et al. *Pacing and clinical electrophysiology* : PACE. 2020. Vol. 43, Iss. 11. P. 1273-1280. <https://doi.org/10.1111/pace.14068>
- [2] Rodriguez Z. M., Goyal A., Maani C. V. Atrial Flutter. *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL) : StatPearls Publishing. 2022. URL : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK540985/>
- [3] Correlation between sinus rhythm deceleration zones and critical sites for localized reentrant atrial flutter: A retrospective multicenter analysis / C. E. Woods, A. A. Schricker, H. Nayak et al. *Heart rhythm O2*. 2022. Vol. 3, Iss. 3. P. 279-287. <https://doi.org/10.1016/j.hroo.2022.03.003>
- [4] Cosío F. G. Atrial Flutter, Typical and Atypical: A Review. *Arrhythmia & electrophysiology review*. 2017. Vol. 6, Iss. 2. P. 55-62. <https://doi.org/10.15420/aer.2017.5.2>
- [5] Ultra-high resolution mapping of reverse typical atrial flutter: electrophysiological properties of a right atrial posterior wall and interatrial septum activation pattern / T. Sekihara, S. Miyazaki, M. Nagao et al. *Journal of interventional cardiac electrophysiology*. 2022. Vol. 63, Iss. 2. P. 333-339. <https://doi.org/10.1007/s10840-021-01003-0>
- [6] Approach to catheter ablation of left atrial flutters / S. M. Markowitz, G. Thomas, C. F. Liu et al. *Journal of cardiovascular electrophysiology*. 2019. Vol. 30, Iss. 12. P. 3057-3067. <https://doi.org/10.1111/jce.14209>
- [7] Predictors of improvement in arrhythmia-specific symptoms and health-related quality of life after catheter ablation of atrial fibrillation / N. Barmano, E. Charitakis, J. E. Karlsson et al. *Clinical cardiology*. 2019. Vol. 42, Iss. 2. P. 247-255. <https://doi.org/10.1002/clc.23134>
- [8] Gil-Ortega I., Pedrote-Martínez A., Fontenla-Cerezuela A. Spanish Catheter Ablation Registry. 14th Official Report of the Spanish Society of Cardiology Working Group on Electrophysiology and Arrhythmias (2014). *Revista española de cardiología*. 2015. Vol. 68, Iss. 12. P. 1127-1137. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2015.08.006>
- [9] Comparison of clockwise and counterclockwise right atrial flutter using high-resolution mapping and automated velocity measurements / C. Yvorel, A. Da Costa, C. Lerebours et al. *Journal of cardiovascular electrophysiology*. 2021. Vol. 32, Iss. 8. P. 2127-2139. <https://doi.org/10.1111/jce.15111>
- [10] Pulmonary Vein Isolation to Reduce Future Risk of Atrial Fibrillation in Patients Undergoing Typical Flutter Ablation: Results from a Randomized Pilot Study (REDUCE AF) / S. Mohanty, A. Natale, P. Mohanty et al. *Journal of cardiovascular electrophysiology*. 2015. Vol. 26, Iss. 8. P. 819-825. <https://doi.org/10.1111/jce.12688>
- [11] Perimitral atrial tachycardias dependent on residual nonligament of Marshall conduction / Y. Sato, S. Kusa, H. Hachiya et al. *Journal of cardiovascular electrophysiology*. 2021. Vol. 32, Iss. 12. P. 3146-3155. <https://doi.org/10.1111/jce.15268>
- [12] Pathik B., Kalman J. M. Perceiving the Imperceptible in Atrial Macro-Reentry: Ultrahigh Resolution Mapping to Characterize the Critical Isthmus. *Circulation. Arrhythmia and electrophysiology*. 2017. Vol. 10, Iss. 1. P. e004850. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.116.004850>
- [13] Sustained localized reentry within the left atrial appendage as a mechanism of recurrent arrhythmia following atrial fibrillation ablation / J. C. Guo, W. B. Huang, F. G. Zhou et al. *Experimental and therapeutic medicine*. 2018. Vol. 16, Iss. 2. P. 772-778. <https://doi.org/10.3892/etm.2018.6243>
- [14] 2017 HRS/EHRA/ECAS/APHRS/SOLAECE expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation / H. Calkins, G. Hindricks, R. Cappato et al. *Heart rhythm*. 2017. Vol. 14, Iss. 10. P. e275-e444. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2017.05.012>
- [15] Atrial Tachycardias and Atypical Atrial Flutter: Mechanisms and Approaches to Ablation / S. M. Markowitz, G. Thomas, C. F. Liu et al. *Arrhythmia & electrophysiology review*. 2019. Vol. 8, Iss. 2. P. 131-137. <https://doi.org/10.15420/aer.2019.17.2>
- [16] Macro-reentrant atrial tachycardia after tricuspid or mitral valve surgery: is there difference in electrophysiological characteristics and effectiveness of catheter ablation? / X. H. Wang, L. C. Kong, T. Shuang et al. *BMC cardiovascular disorders*. 2021. Vol. 21, Iss. 1. P. 538. <https://doi.org/10.1186/s12872-021-02368-w>
- modification technique for complex atypical atrial flutters with varying circuits. *Pacing and clinical electrophysiology* : PACE, 43(11), 1273-1280. <https://doi.org/10.1111/pace.14068>
- [2] Rodriguez, Z. M., Goyal, A., & Maani, C. V. (2022). Atrial Flutter. In *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK540985/>
- [3] Woods, C. E., Schricker, A. A., Nayak, H., Hariharan, R., Stevens, B., Kwasnik, A., Shatz, N., Suchomel, L., Moskovitz, R., Salcedo, J., Winkle, R., & Tung, R. (2022). Correlation between sinus rhythm deceleration zones and critical sites for localized reentrant atrial flutter: A retrospective multicenter analysis. *Heart rhythm O2*, 3(3), 279-287. <https://doi.org/10.1016/j.hroo.2022.03.003>
- [4] Cosío F. G. (2017). Atrial Flutter, Typical and Atypical: A Review. *Arrhythmia & electrophysiology review*, 6(2), 55-62. <https://doi.org/10.15420/aer.2017.5.2>
- [5] Sekihara, T., Miyazaki, S., Nagao, M., Kakehashi, S., Mukai, M., Aoyama, D., Nodera, M., Eguchi, T., Hasegawa, K., Uzui, H., & Tada, H. (2022). Ultra-high resolution mapping of reverse typical atrial flutter: electrophysiological properties of a right atrial posterior wall and interatrial septum activation pattern. *Journal of interventional cardiac electrophysiology*, 63(2), 333-339. <https://doi.org/10.1007/s10840-021-01003-0>
- [6] Markowitz, S. M., Thomas, G., Liu, C. F., Cheung, J. W., Ip, J. E., & Lerman, B. B. (2019). Approach to catheter ablation of left atrial flutters. *Journal of cardiovascular electrophysiology*, 30(12), 3057-3067. <https://doi.org/10.1111/jce.14209>
- [7] Barmano, N., Charitakis, E., Karlsson, J. E., Nystrom, F. H., Walfridsson, H., & Walfridsson, U. (2019). Predictors of improvement in arrhythmia-specific symptoms and health-related quality of life after catheter ablation of atrial fibrillation. *Clinical cardiology*, 42(2), 247-255. <https://doi.org/10.1002/clc.23134>
- [8] Gil-Ortega, I., Pedrote-Martínez, A., Fontenla-Cerezuela, A., & Spanish Catheter Ablation Registry collaborators (2015). Spanish Catheter Ablation Registry. 14th Official Report of the Spanish Society of Cardiology Working Group on Electrophysiology and Arrhythmias (2014). *Revista española de cardiología*, 68(12), 1127-1137. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2015.08.006>
- [9] Yvorel, C., Da Costa, A., Lerebours, C., Guichard, J. B., Viallon, G., Romeyer, C., Ferreira, T., Benali, K., & Isaaq, K. (2021). Comparison of clockwise and counterclockwise right atrial flutter using high-resolution mapping and automated velocity measurements. *Journal of cardiovascular electrophysiology*, 32(8), 2127-2139. <https://doi.org/10.1111/jce.15111>
- [10] Mohanty, S., Natale, A., Mohanty, P., Di Biase, L., Trivedi, C., Santangeli, P., Bai, R., Burkhardt, J. D., Gallinghouse, G. J., Horton, R., Sanchez, J. E., Hranitzky, P. M., Al-Ahmad, A., Hao, S., Hongo, R., Beheiry, S., Pelargonio, G., Forleo, G., Rossillo, A., Themistoclakis, S., ... Dixit, S. (2015). Pulmonary Vein Isolation to Reduce Future Risk of Atrial Fibrillation in Patients Undergoing Typical Flutter Ablation: Results from a Randomized Pilot Study (REDUCE AF). *Journal of cardiovascular electrophysiology*, 26(8), 819-825. <https://doi.org/10.1111/jce.12688>
- [11] Sato, Y., Kusa, S., Hachiya, H., Yamao, K., Miwa, N., Hara, S., Hirano, H., & Sasano, T. (2021). Perimitral atrial tachycardias dependent on residual nonligament of Marshall conduction. *Journal of cardiovascular electrophysiology*, 32(12), 3146-3155. <https://doi.org/10.1111/jce.15268>
- [12] Pathik, B., & Kalman, J. M. (2017). Perceiving the Imperceptible in Atrial Macro-Reentry: Ultrahigh Resolution Mapping to Characterize the Critical Isthmus. *Circulation. Arrhythmia and electrophysiology*, 10(1), e004850. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.116.004850>
- [13] Guo, J. C., Huang, W. B., Zhou, F. G., Hong, J., & Wang, Y. (2018). Sustained localized reentry within the left atrial appendage as a mechanism of recurrent arrhythmia following atrial fibrillation ablation. *Experimental and therapeutic medicine*, 16(2), 772-778. <https://doi.org/10.3892/etm.2018.6243>
- [14] Calkins, H., Hindricks, G., Cappato, R., Kim, Y. H., Saad, E. B., Aguinaga, L., Akar, J. G., Badhwar, V., Brugada, J., Camm, J., Chen, P. S., Chen, S. A., Chung, M. K., Nielsen, J. C., Curtis, A. B., Davies, D. W., Day, J. D., d'Avila, A., de Groot, N., Di Biase, L., ... Yamane, T. (2017). 2017 HRS/EHRA/ECAS/APHRS/SOLAECE expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation. *Heart rhythm*, 14(10), e275-e444. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2017.05.012>
- [15] Markowitz, S. M., Thomas, G., Liu, C. F., Cheung, J. W., Ip, J. E., & Lerman, B. B. (2019). Atrial Tachycardias and Atypical Atrial Flutter: Mechanisms and Approaches to Ablation. *Arrhythmia & electrophysiology review*, 8(2), 131-137. <https://doi.org/10.15420/aer.2019.17.2>
- [16] Wang, X. H., Kong, L. C., Shuang, T., Li, Z., & Pu, J. (2021). Macro-reentrant atrial tachycardia after tricuspid or mitral valve surgery: is there difference in electrophysiological characteristics and effectiveness of catheter ablation?. *BMC cardiovascular disorders*, 21(1), 538. <https://doi.org/10.1186/s12872-021-02368-w>

## References

- [1] Methachittiphan, N., Akoum, N., Gopinathannair, R., Boyle, P. M., & Sridhar, A. R. (2020). Dynamic voltage threshold adjusted substrate