

Альміз П. О., канд. мед. наук, провідний науковий співробітник відділення електрофізіології та рентгенхірургічних методів лікування аритмій серця, <https://orcid.org/0000-0003-1357-3783>

Кравчук Б. Б., канд. мед. наук, завідувач відділення електрофізіології та рентгенхірургічних методів лікування аритмій серця, <https://orcid.org/0000-0002-4535-7797>

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

Передсердні реентрі тахікардії: механізми та діагностика

Резюме. Передсердні тахікардії (ПТ) являють собою групу аритмій, що розрізняються за електрофізіологічними механізмами та клінічним перебігом. Виділяють три основні форми ПТ: фокальні ПТ, макрореентрі та локалізовані реентрі, відомі також під назвою «мікрореентрі». Макрореентрі зазвичай виникають за наявності фіброзних змін міокарда, наприклад при «передсердній» кардіоміопатії або внаслідок катетерних чи хірургічних втручань у передсердях. Фокальні ПТ можуть виникати і за відсутності структурної патології серця.

Мета – аналіз сучасних уявлень про електрофізіологічні механізми та діагностику передсердних реентрі тахікардій.

Матеріалом дослідження слугували дані літератури та власні узагальнені дані за результатами попередніх досліджень.

Проаналізовано дані про поширення різних видів передсердних тахікардій. Також були проаналізовані дані електрокардіографічної (ЕКГ) діагностики, електрофізіологічних методів діагностики та фармакологічних проб при визначенні механізму виникнення та перебігу передсердних тахікардій. Були визначені основні ЕКГ-відмінності при різних видах та локалізаціях ПТ. Також проаналізовано діагностичну цінність різних стимуляційних протоколів під час диференціальної діагностики фокальних та макрореентрі передсердних тахікардій.

Висновки. Передсердні тахікардії з механізмом реентрі поширені у загальній популяції. Диференціальна діагностика з іншими видами тахікардій здійснюється на підставі даних ЕКГ, реакції на ведення аденозину, характеру відповіді при проведенні entrainment, ендокардіального, зокрема електроанатомічного картування.

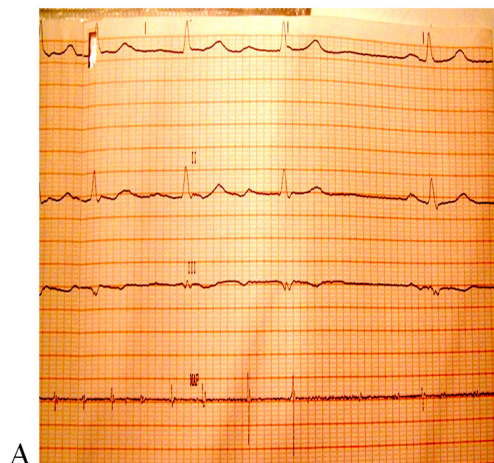
Ключові слова: ЕКГ-діагностика, ендокардіальне картування, стимуляційні протоколи, фармакологічні проби, диференціальна діагностика.

Передсердні тахікардії (ПТ) являють собою групу аритмій, що розрізняються за електрофізіологічними механізмами та клінічним перебігом [1]. Виділяють три основні форми ПТ: фокальні ПТ, макрореентрі та локалізовані реентрі, відомі також під назвою «мікрореентрі» [2]. Макрореентрі зазвичай виникають за наявності фіброзних змін міокарда, наприклад при передсердній кардіоміопатії або внаслідок катетерних чи хірургічних втручань у передсердях. Фокальні ПТ можуть виникати і за відсутності структурної патології серця. Значне поширення катетерного лікування фібриляції передсердь призвело до того, що у пацієнтів, яким проводили тільки ізоляцію легеневих вен, передсердні макрореентрі згодом ви-

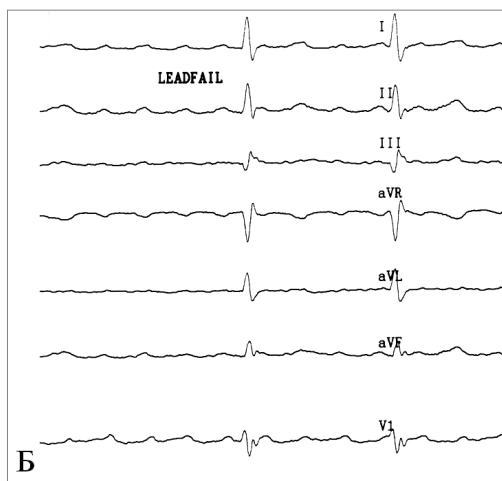
никають приблизно у 5 %, а у тих, яким проводили лінійні аплікації в передсердях, – у 25 % [2, 3, 4, 5]. Локалізовані реентрі так само, як і макрореентрі виникають у структурно зміненому міокарді. Серед передсердних тахікардій, макрореентрі є найпоширенішою підгрупою. Частота виникнення нових випадків цих аритмій становить 88 на 100 тис. спостережень на рік [6].

Диференціальна діагностика ПТ здійснюється на підставі даних електрокардіографії (ЕКГ), характеру відповіді при проведенні entrainment, реакції на медикаментозні препарати, а також даних електроанатомічного картування. Топічна діагностика при атипичних (тобто неістмус-залежних) форм тріпотіння передсердь складна, що зумовлює труднощі при її катетерному усуненні. Мета – аналіз сучасних уявлень про електрофізіологічні механізми та діагностику передсердних реентрі тахікардій.

Відмінною рисою макрореентрі є можливість циркуляції збудження в передсердях з прогресивним злиттям передсердної графіки. Ця властивість відсутня при дійсних ПТ. Іншою характерною рисою макрореентрі є реєстрація активації передсердь протягом усього циклу тахікардії, із сусідством зон «ранньої» і «пізньої» активації. При макрореентрі введення аденозину може спричинити атріовентрикулярний блок, але не призводить до припинення тахікардії (рисунок 1).



А



Б

Рисунок 1. Реакція на введення аденозину: А – відновлення синусового ритму при фокальній тахікардії; Б – виникнення атріовентрикулярного блоку без відновлення синусового ритму при макрореентрі

Розташування та розміри шляхів циркуляції збудження при передсердних макрореентрі різні, проте можна простежити деякі загальні властивості (риси).

Морфологія ЕКГ. На відміну від фокальних передсердних тахікардій, для макрореентрі характерна відсутність ізоелектричного інтервалу на ЕКГ. Однак наявність ізоелектричного інтервалу є лише помір-

но чутливою та специфічною ознакою фокального механізму [2, 7]. При деяких фокальних ПТ ізоелектричний інтервал відсутній, якщо частота скорочень передсердь велика, а час проведення по передсердях у зв'язку з цим уповільнено.

Неістмус-залежні макрореентрі, що виходять з правого передсердя, часто демонструють переважно негативну полярність зубця Р у відведенні V1. У разі

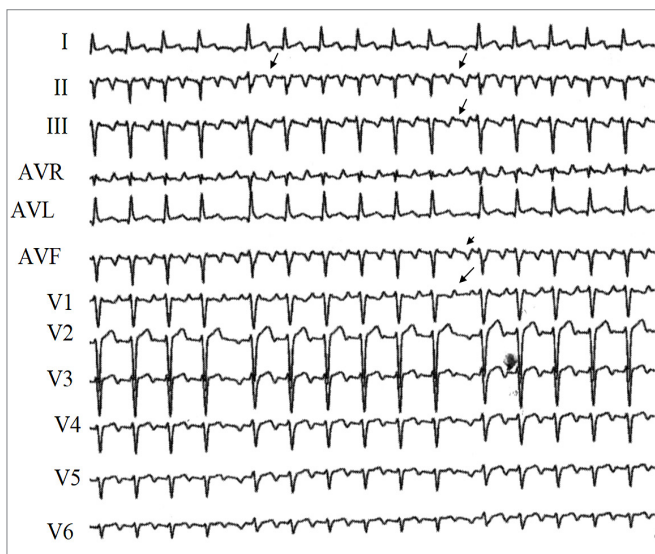


Рисунок 2. Характерні ознаки типового істмус-залежного тріпотіння передсердь з циркуляцією збудження проти годинникової стрілки. Позитивна полярність зубця Р у відведенні V1 з попереднім невеликим негативним компонентом

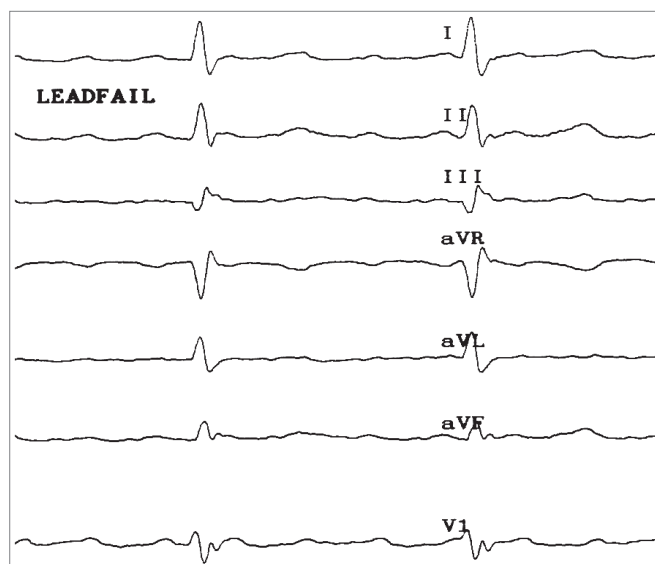


Рисунок 3. Характерні ЕКГ-ознаки лівопередсердної макрореентрі. Реєструються широкі позитивні зубці Р в усіх відведеннях

типового істмус-залежного тріпотіння передсердь з циркуляцією збудження проти годинникової стрілки є позитивна полярність Р у V1, найчастіше з попереднім компонентом (рисунок 2).

При макрореентрі, що локалізуються в лівому передсерді, V1 частіше реєструються широкі зубці Р з позитивною полярністю, але також бувають і біфазні Р з початковим негативним відхиленням та наступним позитивним. Для лівопередсердних макрореентрі характерна низька амплітуда Р як у стандартних, так і в прекардіальних відведеннях (рисунок 3).

Слід пам'ятати, що ці характеристики ЕКГ можуть змінюватися залежно від локалізації та площі фіброзних змін.

Ендокардіальне картування та стимуляція. При електроанатомічному картуванні для підтвердження механізму реентрі використовується критерій постійної передсердної активності протягом всього циклу тахікардії. У такий спосіб ділянки, де є низькоамплітудні електрограми (менше 0,05 мВ), можуть випадати із загальної картини активації. Наявність фрагментованих та пролонгованих електрограм призводить до неясності у визначенні часу активації цієї ділянки [2].

Виникнення entrainment підтверджує сам механізм аритмії, а також те, що ділянка, з якої виконується стимуляція, перебуває у колі реентрі. Підтвердженням цьому є однаковий або з незначним відхиленням так званий post-pacing interval, який відрізняється не більше ніж на 30 мсек від величини циклу тахікардії. Цей феномен може спостерігатися при стимуляції в різних ділянках кола реентрі. Величина post-pacing interval також дає інформацію про те, як далеко від місця джерела тахікардії знаходиться місце стимуляції. Однак слід пам'ятати, що використання величини post-pacing interval як критерію топічної діагностики не завжди може об'єктивно відображати позицію місця стимуляції стосовно кола реентрі. Швидка стимуляція може спричинити уповільнення проведення через фіброзно змінений міокард, що своєю чергою зумовить помилково розцінений інтервал як «довгий». Це буде хибно трактуватись як незнаходження в колі реентрі [8].

Ще одним корисним методом, що підтверджує наявність механізму реентрі, є так званий downstream pacing, коли стимуляція з пари електродів, які під час тахікардії активуються найпізніше, призводить до ортодромного захоплення електрограм, які активуються раніше [9].

Реентрі тахікардії у правому передсерді. Так зване типове, або істмус-залежне, тріпотіння макрореентрі передсердь є найбільш вивченою аритмією серед макрореентрі і, отже, є найбільш дослідженою формою правопередсердних макрореентрі, що найуспішніше усувається. У результаті новаторських досліджень 1990-х років було визначено анатомічні межі кола циркуляції збудження, оптимальні місця

для нанесення аплікацій, а також розроблено критерії усунення аритмії [10]. Наступними за частотою серед правопередсердних макрореентрі є реентрі у вільній стінці. Кола реентрі виникають за наявності ділянок фіброзно зміненого міокарда, частіше внаслідок попередніх атріотомій, але також і як спонтанний феномен при передсердних кардіоміопатіях. Реентрі у вільній стінці передсердя може одночасно відбуватися з циркуляцією збудження по іншому колу, наприклад, кавотрикуспідальною циркуляцією або lower loop reentry і додатково навколо устя нижньої порожнистої вени, формуючи dual-loop reentry [2,10, 11].

Серед передсердних макрореентрі, що рідко розвиваються, виділяють upper loop re-entry, за якої збудження циркулює навколо устя верхньої порожнистої вени [12].

У пацієнтів після операції Fontan ділянки циркуляції збудження передсердних макрореентрі можуть мати різну локалізацію. Найчастіше вони виникають навколо атріотомічних рубців у вільній стінці системного венозного передсердя, проте трапляються і в його септальній частині або, рідше, – у системному «легеневому» передсерді [13, 14].

Реентрі тахікардії у лівому передсерді. Лівопередсердні макрореентрі у більшості випадків виникають в осіб із змінами в міокарді передсердь: після попередніх атріотомій, катетерних абляцій або з кардіоміопатією. Конфігурація циркуляції збудження може бути представлена у вигляді одного, двох або навіть кількох кіл [2]. Реентрі навколо кільця мітрального клапана, або «перимітральне», є найчастішою формою лівопередсердних макрореентрі. У разі цієї аритмії кола циркуляції збудження не завжди охоплюють все кільце, але можуть змінювати напрямок навколо латок або рубців [15].

Іншою поширеною формою лівопередсердних макрореентрі є реентрі навколо усть іпсилоталеральних пар легневих вен, або roof-dependent left atrial flutter. Загалом у лівому передсерді можливі багато анатомічних варіантів макрореентрі, залежно від локалізації нативних рубців або фіброзу після попередніх абляцій. Відомі локалізації реентрі, що обмежені міжпередсердною перегородкою, задньою стінкою передсердя, а також включають коронарний синус [2, 16].

Передсердні мікрореентрі. Цікаву підгрупу ПТ становлять мікрореентрі, або локалізовані реентрі. Як і в представлених раніше формах, цей варіант розвивається у пацієнтів з фіброзними змінами міокарда, зумовленими різними факторами. Локалізація такої форми реентрі обмежена колом діаметром близько 2–3 см [2]. Ці кола часто виявляються прилеглими до зон фіброзу від попередніх абляцій або біля латок та рубців. При цих тахікардіях реєструються низькоамплітудні електрограми з постійною активністю, що займає понад 85 % циклу тахікардії. Така форма ак-

тивності може складатися із кількох послідовних зон уповільненого проведення [17]. Електрограми з такими характеристиками є високочутливими, але не специфічними для мікрореентрі. Низькоамплітудні фрагментовані електрограми можуть бути результатом колізії неповної ротації імпульсу з фронтом активації ззовні і, отже, не є ділянкою кола мікрореентрі. У таких випадках entrainment виявиться корисним маневром, що дозволяє визначити, чи ця ділянка є активним компонентом кола реентрі.

Як і при тахікардіях з механізмом макрореентрі локалізовані реентрі не чутливі до аденозину [18].

Висновки. Передсердні тахікардії з механізмом реентрі поширені у загальній популяції. Диференціальна діагностика з іншими видами тахікардій здійснюється на підставі даних ЕКГ, реакції на ведення аденозину, характеру відповіді при проведенні entrainment, ендокардіального, зокрема електроанатомічного картування.

Список використаних джерел

References

1. Callans DJ. Josephson's Clinical Cardiac Electrophysiology: Techniques and Interpretation. 6th ed. Walters Kluwer;2020.
2. Markowitz SM, Thomas G, Liu CF, Cheung JW, Ip JE, Lerman BB. Atrial Tachycardias and Atypical Atrial Flutters: Mechanisms and Approaches to Ablation. *Arrhythm Electrophysiol Rev.* 2019;8(2):131-137. <https://doi.org/10.15420/aer.2019.17.2>
3. Rostock T, Drewitz I, Steven D, Hoffmann BA, Salukhe TV, Bock K, et al. Characterization, Mapping, and Catheter Ablation of Recurrent Atrial Tachycardias After Stepwise Ablation of Long-Lasting Persistent Atrial Fibrillation. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2010;3(2):160-169. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.109.899021>
4. Wasmer K, Mönning G, Bittner A, Dechering D, Zellerhoff S, Milberg P, et al. Incidence, characteristics, and outcome of left atrial tachycardias after circumferential antral ablation of atrial fibrillation. *Heart Rhythm.* 2012;9(10):1660-1666. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2012.06.007>
5. Hermida A, Kubala M, Traullé S, Buiciuc O, Quenum S, Hermida JS. Prevalence and predictive factors of left atrial tachycardia occurring after second-generation cryoballoon ablation of atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2018;29(1):46-54. <https://doi.org/10.1111/jce.13364>
6. Granada J, Uribe W, Chyou PH, Maassen K, Vierkant R, Smith PN, et al. Incidence and predictors of atrial flutter in the general population. *J Am Coll Cardiol.* 2000;36(7):2242-2246. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(00\)00982-7](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(00)00982-7)
7. Pascale P, Roten L, Shah AJ, Scherr D, Komatsu Y, Ramoul K, et al. Useful Electrocardiographic Features to Help Identify the Mechanism of Atrial Tachycardia Occurring After Persistent Atrial Fibrillation Ablation. *JACC Clin Electrophysiol.* 2018;4(1):33-45. <https://doi.org/10.1016/j.jacep.2017.07.018>
8. Vollmann D, Stevenson WG, Lüthje L, Sohns C, John RM, Zabel M, et al. Misleading Long Post-Pacing Interval After Entrainment of Typical Atrial Flutter From the Cavotricuspid Isthmus. *J Am Coll Cardiol.* 2012;59(9):819-824. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2011.11.023>
9. Barbhaiya CR, Baldinger SH, Kumar S, Chinitz JS, Enriquez AD, John R, et al. Downstream overdrive pacing and intracardiac concealed fusion to guide rapid identification of atrial tachycardia after atrial fibrillation ablation. *Europace.* 2018;20(4):596-603. <https://doi.org/10.1093/europace/euw405>
10. Cosío FG. Atrial Flutter, Typical and Atypical: A Review. *Arrhythm Electrophysiol Rev.* 2017;6(2):55-62. <https://doi.org/10.15420/aer.2017.5.2>
11. Yang JD, Sun Q, Guo XG, Zhou GB, Liu X, Luo B, et al. Right atrial dual-loop reentrant tachycardia after cardiac surgery: Prevalence, electrophysiological characteristics, and ablation outcomes. *Heart Rhythm.* 2018;15(8):1148-1157. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2018.03.039>
12. Selvaraj R, Theodore J. Upper loop re-entrant flutter. *Europace.* 2019;21(8):1192. <https://doi.org/10.1093/europace/euz173>
13. Moore BM, Anderson R, Nisbet AM, Kalla M, du Plessis K, d'Udekem Y, et al. Ablation of Atrial Arrhythmias After the Atriopulmonary Fontan Procedure: Mechanisms of Arrhythmia and Outcomes. *JACC Clin Electrophysiol.* 2018;4(10):1338-1346. <https://doi.org/10.1016/j.jacep.2018.08.012>
14. Kamp AN, Nair K, Fish FA, Khairy P. Catheter Ablation of Atrial Arrhythmias in Patients Post-Fontan. *Can J Cardiol.* 2022;38(7):1036-1047. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2022.02.023>
15. Takigawa M, Derval N, Frontera A, Martin R, Yamashita S, Cheniti G, et al. Revisiting anatomic macroreentrant tachycardia after atrial fibrillation ablation using ultrahigh-resolution mapping: Implications for ablation. *Heart Rhythm.* 2018;15(3):326-333. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2017.10.029>
16. Wong MC, Kalman JM, Ling LH, Medi C, Teh A, Lee G, et al. Left Septal Atrial Tachycardias: Electrocardiographic and Electrophysiologic Characterization of a Paraseptal Focus. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2013;24(4):413-418. <https://doi.org/10.1111/jce.12049>
17. Frontera A, Mahajan R, Dallet C, Vlachos K, Kitamura T, Takigawa M, et al. Characterizing localized reentry with high-resolution mapping: Evidence for multiple slow conducting isthmuses within the circuit. *Heart Rhythm.* 2019;16(5):679-685. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2018.11.027>
18. Markowitz SM, Nemirovsky D, Stein KM, Mittal S, Iwai S, Shah BK, et al. Adenosine-insensitive focal atrial tachycardia: evidence for de novo micro-re-entry in the human atrium. *J Am Coll Cardiol.* 2007;49(12):1324-1333. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2006.11.037>

Atrial Reentry Tachycardia: Mechanisms and Diagnosis

Pavlo O. Almiz, Borys B. Kravchuk

National Amosov Institute of Cardiovascular Surgery of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine

Abstract. Atrial tachycardia (AT) is a group of arrhythmias that differ in electrophysiological mechanisms and clinical course. There are three main forms of AT: focal AT, macroreentries, and localized reentries also known as “microreentries”. Macroreentries, as a rule, occur in the presence of fibrous changes in the myocardium, for example, in “atrial” cardiomyopathy or as a result of catheter or surgical interventions in the atria. Focal AT can also occur in the absence of structural pathology of the heart.

The aim. To analyze modern ideas about electrophysiological mechanisms and diagnosis of atrial reentry tachycardia.

In our research we used data from the literature as well as findings of our own previous studies. The work analyzed global data on the distribution of various types of AT. The data of electrocardiographic (ECG) diagnosis, electrophysiological methods of diagnosis and pharmacological tests were also analyzed to determine the mechanism of occurrence and course of AT. The main ECG differences of different types and localizations of AT were determined. The diagnostic value of various stimulation protocols in the differential diagnosis of focal and macro-reentrant AT was also analyzed.

Conclusions. Atrial tachycardias with a reentrant mechanism are common in the general population. Differential diagnosis with other types of tachycardia is carried out on the basis of ECG data, the response to adenosine administration, the nature of the response during entrainment, and endocardial, particularly electroanatomical, mapping.

Keywords: *ECG diagnostics, endocardial mapping, stimulation protocol, pharmacological test, differential diagnosis.*

Стаття надійшла в редакцію / Received: 08.11.2023

Після доопрацювання / Revised: 21.11.2023

Прийнято до друку / Accepted: 24.12.2023