

Застосування віртуальної навігації в хірургічному лікуванні передсердних макро-реентрі тахіаритмій

А. В. Якушев¹*, А. В. С. Д. Е., М. С. Подлужний², Б. Д. Е. Ф.

¹ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова» НАМН України, м. Київ, ²Національний університет охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика, м. Київ

А – концепція та дизайн дослідження; В – збір даних; С – аналіз та інтерпретація даних; D – написання статті; Е – редагування статті; F – остаточне затвердження статті

Передсердним макро-реентрі тахіаритміям належать перші позиції в структурі тахіаритмій, і однією з найпоширеніших у цій групі є тріпотіння передсердь (ТП). Ці порушення ритму серця призводять до суттєвого зниження якості життя пацієнтів, а інколи – опосередковано через ускладнення – можуть спричинити інвалідизацію та летальні наслідки. Медикаментозне лікування аритмій цієї групи має обмежену ефективність, і на перші позиції виходить хірургічний метод лікування – катетерні абляції. Абляцію ТП традиційно здійснюють, не використовуючи систему навігації під контролем рентгеноскопії, але це пов'язано з підвищеним променевим навантаженням на пацієнта та персонал. Досягнення в сучасній аритмології дають змогу створювати анатомічні моделі камер серця й активаційні моделі поширення електричного збудження анатомічними моделями. Це зменшує променеве навантаження і не потребує додаткового обладнання й умінь.

Мета роботи – порівняти показники тривалості процедури та променевого навантаження під час радіочастотної катетерної абляції каво-трикуспідального перешийка з використанням 3D-навігації та при застосуванні традиційної методики.

Матеріали та методи. В основу роботи покладено аналіз результатів лікування 84 пацієнтів, які перебували на лікуванні в ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова» НАМН України в 2014–2021 рр. Залежно від способу візуалізації пацієнтів поділили на дві групи. У I групу залучили 31 хворого, яким радіочастотну абляцію каво-трикуспідального істмусу (КТІ) здійснили за традиційною методикою під рентгеноскопічним контролем без використання системи навігації. В II групу залучили 27 пацієнтів, у яких створювали анатомічну модель правого передсердя.

Результати. У пацієнтів усіх груп вдалося досягти критерії успішності процедури – створити лінії двоспрямованого блока по КТІ. У I групі період від першої аплікації до відновлення синусового ритму у середньому тривав 325 ± 25 с при середній кількості аплікацій $7,4 \pm 0,6$ (від 5 до 10). Середня тривалість процедури становила $43,0 \pm 3,3$ хв із середньою тривалістю рентгену 572 ± 44 с, середній добуток дози-площі (Dose Product Area – DAP) – $62,0 \pm 5,0$ Gy.cm². У II групі загальна тривалість першого етапу втручання становила 312 ± 26 с. Період до припинення тахікардії та відновлення синусового ритму в середньому становив 230 ± 19 с. Період від відновлення синусового ритму до підтвердження двоспрямованого блока по КТІ у середньому тривав 71 ± 6 с при середній кількості аплікацій $3,2 \pm 3,0$ на процедуру. Середня тривалість процедури – $41,5 \pm 3,5$ хв, середня тривалість рентгену – 120 ± 10 с, середній DAP – $15,0 \pm 1,3$ Gy.cm².

Висновки. Використання анатомічної моделі правого передсердя дає змогу зменшити променеве навантаження на 75,8 % порівняно з таким при використанні традиційної методики під час радіочастотної катетерної абляції каво-трикуспідального перешийка, а показники тривалості процедури зрівняні. Отже, застосування анатомічної моделі може бути рекомендоване при абляціях каво-трикуспідального перешийка.

Ключові слова:

тахіаритмія, віртуальна навігація, радіочастотна катетерна абляція.

Запорізький медичний журнал. 2023. Т. 25, № 6(141). С. 501-505

*E-mail: yakushevandriy@gmail.com

Application of virtual navigation in the treatment of macro-re-entrant atrial tachyarrhythmias

A. V. Yakushev, M. S. Podluzhnyi

Macro-re-entrant atrial tachyarrhythmias occupy the leading positions in the structure of tachyarrhythmias, and one of the most common in this group is atrial flutter. These abnormal rhythms lead to a significant decrease in the quality of patients' life, and sometimes, indirectly due to complications, can lead to disability and fatal consequences. Medical treatment for this group of arrhythmias has limited effectiveness, and the surgical method of treatment – catheter ablation – comes to the first place. Ablation of atrial flutter is traditionally performed under the guidance of fluoroscopy without the use of a navigation system, but this is associated with increased radiation exposure to patients and staff. Advances in modern arrhythmology make it possible to create anatomical models of heart chambers and activation models of the excitation spreading along anatomical models, reducing the radiation load, but requiring additional equipment and skills.

Aim: to compare the procedure duration and radiation load during radiofrequency catheter ablation of the cavo-tricuspid isthmus using 3D navigation with traditional methods.

Materials and methods. The work was based on the analysis of treatment results in 84 patients at National M. Amosov Institute of Cardiovascular Surgery affiliated to National Academy of Medical Sciences of Ukraine in the period from 2014 to 2021. Depending on the imaging method, patients were divided into 2 groups. Group I included 31 patients who underwent radiofrequency cavo-tricuspid isthmus (CTI) ablation according to the traditional method under fluoroscopic control without using a navigation system. Group II comprised 27 patients in whom an anatomical model of the right atrium was created.

Results. Success criteria were achieved in all groups, bidirectional block line was created at the level of the CTI. In group I, the average time from the first application to the restoration of sinus rhythm was 325 ± 25 s with an average number of applications of

Key words:

tachyarrhythmia, computer-assisted surgery, radiofrequency catheter ablation.

Zaporozhye medical journal, 2023. 25(6), 501-505

7.4 ± 0.6 (from 5 to 10). The average procedure time was 43.0 ± 3.3 min, with an average X-ray time of 572 ± 44 s and an average dose area product (DAP) was 62.0 ± 5.0 Gy.cm². In group II, the total duration of the first stage of the intervention was 312 ± 26 s. The average time to stopping tachycardia and restoring sinus rhythm was 230 ± 19 s. The average time from sinus rhythm restoration to confirmation of bidirectional CTI block was 71 ± 6 s with an average number of applications of 3.2 ± 3.0 per the procedure. The average procedure time was 41.5 ± 3.5 min, the average X-ray time was 120 ± 10 s, the average DAP was 15.0 ± 1.3 Gy.cm².

Conclusions. The usage of the anatomical model of the right atrium reduces X-ray exposure by 75.8 %, in comparison to the traditional technique, during radiofrequency catheter ablation of the cavo-tricuspid isthmus with similar procedure time. The anatomical model can be recommended for ablation of the cavo-tricuspid isthmus.

Передсердні тахіаритмії становлять найбільшу частку в структурі порушень ритму серця [1,2]. Найпоширеніші передсердні тахіаритмії – фібриляція та тріпотіння передсердь (ТП), що часто виникають в одного пацієнта [1,10]. За даними фахової літератури, ізольоване ТП діагностують у 88 випадках на 100 000 населення [2]. Поширеність ТП зростає з віком [3]. Незважаючи на те, що ці аритмії вважають сприятливими, їхні ускладнення часто можуть призводити до інвалідизації та летальних наслідків, опосередкованих через виникнення тромбоемболічних подій і прогресування серцевої недостатності [4,5]. ТП і фібриляція передсердь спричиняють п'ятиразове підвищення ризику виникнення інсульту [13].

Патогенетично ТП – макро-реентрі навколо тристулкового клапана, що виникає внаслідок фіброзування міокарда передсердь і зміни його електрофізіологічних властивостей [14]. Антиаритмічні засоби недостатньо ефективні в лікуванні макро-реентрі тахіаритмії, тому золотим стандартом вважають катетерну абляцію. Її метою є створення ліній блока між тристулковим клапаном і гирлом нижньої порожнистої вени [6,11,12].

Електрофізіологічне картування є важливим діагностичним інструментом для лікування тахіаритмії. Інформація про електричний субстрат та ектопічні осередки може допомогти під час катетерної абляції [7]. Підтвердити діагноз ТП, створити лінію блока та перевірити її компетентність можна за допомогою стимуляційних маневрів без використання системи навігації [8]. Часто абляція субстрату ТП поєднується з абляцією фібриляції передсердь, що зумовлює необхідність використання системи навігації та дає змогу здійснювати абляцію ТП із 3D-моделюванням [9]. Перевагами використання системи навігації є візуалізація тахіаритмії та нанесених радіочастотних аплікацій, зменшення рентгенівського випромінювання на пацієнта та персонал, а недоліками – збільшення собівартості процедури, необхідність додаткового обладнання та більш тренуваного персоналу [15].

Мета роботи

Порівняти показники тривалості процедури та променевого навантаження під час радіочастотної катетерної абляції cavo-трикуспідального перешийка з використанням 3D-навігації та при застосуванні традиційної методики.

Матеріали і методи дослідження

В основу роботи покладено аналіз результатів лікування 84 пацієнтів, які перебували на лікуванні в ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова» НАМН України в 2014–2021 рр.

Критерії залучення в дослідження: вік від 18 до 70 років, наявність передсердних макро-реентрі тахікардій,

персистування ТП на час здійснення радіочастотної абляції (РЧА). Критерії виключення: синусовий ритм під час РЧА, діагностовані інфекційні захворювання серця чи інших органів і систем.

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.

У всіх пацієнтів, яких залучили в дослідження, на час здійснення РЧА персистувало ТП.

Відомо, що РЧА ТП може бути виконане трьома способами: без використання віртуального моделювання, з віртуальним моделюванням тільки анатомії передсердя або з віртуальним моделюванням анатомії та електричної активації передсердя. Класична методика (без моделювання) передбачає візуалізацію за допомогою рентгеноскопії та рентгенографії ангіографа; це призводить до значного променевого навантаження на пацієнта та персонал, а також не дає змоги візуалізувати точні місця нанесення радіочастотних аплікацій. Використання системи навігації сприяє істотному скороченню тривалості використання рентгенівського опромінення, дає змогу відтворити в просторі анатомію порожнини серця, положення електродів і нанесених аплікацій (анатомічна модель), а також додатково відтворити рух електричного збудження (анатомічна + активаційна модель). Використання системи навігації потребує додаткового обладнання та додаткових навичок персоналу.

Залежно від способу візуалізації пацієнтів поділили на дві групи. В I групу залучили 31 пацієнта (17 чоловіків, 14 жінок), яким РЧА cavo-трикуспідального істмусу (КТІ) здійснили за традиційною методикою (під контролем рентгеноскопії). У II групу залучили 27 пацієнтів (15 чоловіків, 12 жінок), у яких здійснили тільки анатомічне відтворення моделі правого передсердя (ПП). Групи пацієнтів зіставні, демографічні характеристики наведені в таблиці 1.

РЧА здійснили під рентгеноскопичним контролем з використанням ангіографа Infinix CC (Toshiba, Японія). Електрофізіологічне дослідження та РЧА виконали, застосувавши електрофізіологічну установку Lab System Pro (Bard Electrophysiology, США). Електроанатомічне й активаційне картування здійснили на системі Ensite Precision (St. Jude Medical, США). Радіочастотні аплікації наносили 4 мм керованим електродом з активним охолодженням, потужністю 35 Вт і зі швидкістю охолодження 17 мл/хв. Критерієм успішності РЧА вважали наявність двостороннього блока проведення по КТІ, що зберігався протягом контрольного часу (30 хв). Хронометрію кожного хірургічного етапу виконали за допомогою годинника системи Lab System Pro (Bard Electrophysiology, США). Показники тривалості рентгенівського випромінювання та добутку площі-дозы (Dose-Product Area – DAP) під час

процедур отримували за допомогою ангиографа Infinix CC (Toshiba, Японія). Процедуральні особливості груп наведені в таблиці 2.

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. Міжгрупові відмінності кількісних даних оцінювали з використанням методу Стюдента. Статистично значущими відмінностями вважали на рівні не нижче ніж 95,0 % ($p < 0,05$).

Результати

Узагальнені показники інтраопераційного часу, витрачених ресурсів і післяопераційні результати наведено у таблиці 3. Здійснили аналіз отриманих даних.

У I групі на першому етапі втручання для встановлення електрофізіологічного механізму тахікардії проводили entrainment з КТІ, оцінювали активацію передсердь за допомогою діагностичного й абляційного електродів. Середній час для встановлення діагнозу ТП становив 230 ± 18 с. Другий етап втручання – безпосереднє створення лінії блока. Аплікації наносили під рентгенологічним контролем у лівій косій проекції (LAO35) з орієнтацією на морфологію енограм на абляційному електроді. У всіх пацієнтів ритм було відновлено під час аплікацій у зоні КТІ. Середня тривалість періоду від першої аплікації до відновлення синусового ритму становила 325 ± 25 с при середній кількості аплікацій $7,4 \pm 0,6$ (від 5 до 10). У всіх пацієнтів після відновлення синусового ритму виникла необхідність нанести додаткові аплікації для досягнення двоспрямованого блока проведення по КТІ. Середня додаткова тривалість періоду до виникнення двоспрямованого блока становила 68 ± 5 с, у середньому виконано $2,0 \pm 0,2$ додаткових аплікацій. У 22 пацієнтів блок проведення зберігався до завершення процедури. У 3 хворих виник рецидив протягом контрольного часу, що зумовив необхідність нанесення ще 2 додаткових аплікацій. На час завершення процедури в усіх пацієнтів вдалося досягти критеріїв успішності абляції. Середня тривалість процедури становила $43,0 \pm 3,3$ хв, середня тривалість рентгену – 572 ± 44 с, середній добуток дози-площі – $62,0 \pm 5,0$ Gy.cm².

Під час контрольного обстеження через 1 рік у жодного пацієнта не зареєстрували рецидивів ТП.

У II групі на першому етапі втручання підтвердження електрофізіологічного механізму тахікардії здійснили за допомогою entrainment, що в середньому тривало 225 ± 19 с, виконали анатомічне картування ПП. Для збору точок просторової геометрії використали 4 контакти (рис. 1). Додаткова середня тривалість створення анатомічної моделі ПП становила 78 ± 17 с. Отже, загальна тривалість першого етапу втручання становила 312 ± 26 с.

Під час другого етапу створювали лінію блока. Позиціонування електродів та нанесення аплікацій здійснили під контролем навігаційної системи. Місця аплікацій з параметрами аплікації позначали на анатомічній карті з кольоровим кодуванням. Середня тривалість періоду до

Таблиця 1. Загальна демографічна та клінічна характеристика пацієнтів

Показник, одиниці вимірювання	Група 1, n = 31	Група 2, n = 27
Стать, n (%)	чоловіча	17 (54,8 %)
	жіноча	14 (45,2 %)
Вік, роки	52,00 \pm 4,13	53,00 \pm 5,76
Гіпертонічна хвороба, n (%)	24 (77,4 %)	20 (74,0 %)
Хронічна ішемічна хвороба серця, n, %	8 (25,8 %)	6 (22,2 %)
Цукровий діабет, n (%)	3 (9,67 %)	3 (11,11 %)
ІМТ, кг/м ²	28,79 \pm 4,85	30,01 \pm 3,69
ФК за EHRA, n (%)	I	4 (12,91 %)
	II	11 (35,48 %)
	III	14 (45,16 %)
	IV	2 (6,45 %)
ФВ ЛШ, %	50,65 \pm 7,42	53,28 \pm 8,83

Таблиця 2. Процедуральні особливості груп

Показник, одиниці вимірювання	I група, n = 31	II група, n = 27
Флюороскопія	+	+
Навігаційне картування	анатомічне	–
	активаційне	–
Абляційний катетер	розмір кінчика, мм	4
	охолодження	+
Параметри аплікації	потужність, Вт	35
	швидкість охолодження, мл/хв	17

Таблиця 3. Характеристика інтраопераційних показників

Показник, одиниці вимірювання	I група, n = 31	II група, n = 27
Середня тривалість проведення entrainment, с	230 \pm 18	225 \pm 19
Середня тривалість анатомічного картування ПП, с	–	78 \pm 17
Середній час для встановлення діагнозу ТП, с	230 \pm 18	312 \pm 26
Середній тривалість періоду від першої аплікації до відновлення синусового ритму, с	325 \pm 25	230 \pm 19
Середня додаткова тривалість періоду до виникнення двоспрямованого блока, с	68 \pm 5	71 \pm 6
Середня тривалість процедури, хв	43,0 \pm 3,3	41,5 \pm 3,5
Середня тривалість рентгену, с	572 \pm 44	120 \pm 10
Середній добуток дози-площі, Gy.cm ²	62,0 \pm 5,0	15,0 \pm 1,3
Гострий інтраопераційний рецидив, n, %	3 (9,67 %)	3 (11,11 %)
Рецидив через 1 рік, n (%)	0 (0 %)	0 (0 %)

припинення тахікардії та відновлення синусового ритму становила 230 ± 19 с. У всіх пацієнтів після відновлення синусового ритму необхідно було нанести додаткові аплікації для досягнення двоспрямованого блока. Середня тривалість періоду від відновлення синусового ритму до підтвердження двоспрямованого блока КТІ становила 71 ± 6 с, середня кількість аплікацій – $3,2 \pm 3,0$ на процедуру. Під час контрольного періоду у 3 пацієнтів визначили рецидив проведення по КТІ, що зумовив необхідність додаткових аплікацій. Місця рецидиву, оцінені за електрофізіологічними параметрами, збіглися з точками КТІ, де, за даними навігаційної системи, не було радіочастотних аплікацій. В цих випадках знадобилася 1 аплікація для створення стійкого блока по КТІ. У всіх пацієнтів вдалося досягти критеріїв успішності процедури. Середня тривалість процедури становила $41,5 \pm 3,5$ хв, середня тривалість рентгену – 120 ± 10 с, середній DAP – $15,0 \pm 1,3$ Gy.cm².

Під час контрольного обстеження через 1 рік у всіх пацієнтів визначили істотне покращення самопочуття



Рис. 1. Анатомічна віртуальна карта правого передсердя.

порівняно з вихідним станом. Рецидивів ТП у жодного пацієнта II групи не зафіксували.

У всіх пацієнтів, залучених у дослідження ($n = 58$), перший етап втручання – встановлення електрофізіологічного механізму тахікардії та оцінювання активації передсердь. Між I і II групою не було статистично значущих відмінностей за критерієм Стьюдента за тривалістю підтвердження діагнозу ($p = 0,22$). Проте додатковий час у групі II, що був витрачений на побудову спрощеної анатомічної карти спричиняв статистично значуще ($p < 0,001$) збільшення тривалості порівняно з таким на першому етапі в I групі.

Наступна контрольна точка втручання – припинення тахікардії. В переважній більшості пацієнтів припинення тахікардії визначали приблизно через 4 хвилини (231 ± 20 с) після нанесення 7–8 аплікацій. Статистично значущі відмінності зареєстровано в I групі порівняно II ($p < 0,001$). Отже, попередня побудова навіть спрощеної анатомічної карти дає змогу суттєво зменшити тривалість основного етапу втручання – на 121 с порівняно з показником II групи.

Остання точка втручання – формування двоспрямованого блока та відсутність рецидиву ТП протягом контрольного часу. Додаткова тривалість періоду від відновлення синусового ритму до досягнення двоспрямованого блока по КТІ становила 68 ± 6 с ($n = 58$). Порівняння додаткової тривалості періоду від відновлення синусового ритму до виникнення двоспрямованого блока в групах спостереження та кількості необхідних додаткових аплікацій показало, що за критерієм Стьюдента не було статистично значущих відмінностей між групами ($p = 0,06$).

Узагальнюючи отримані результати, встановили: в обох групах вдалося досягти критерії успішності, створити лінію блока КТІ та радикально вилікувати ТП. Середня тривалість процедури становила $46,2 \pm 6,2$ хв: $43,3 \pm 3,3$ хв – у I групі, $41,5 \pm 3,5$ хв – у II. Середня тривалість рентгену становила 572 ± 44 с і 120 ± 10 с у I і II групах відповідно. Середній DAP становив $62,0 \pm 5,0$ Gy.cm² і $15,0 \pm 1,3$ Gy.cm² відповідно за групами спостереження. Одержали статистично значущі відмінності за критерієм Стьюдента щодо тривалості рентгену та

значень радіаційного навантаження між групами спостереження ($p < 0,001$).

Обговорення

У результаті дослідження зробили висновок, що створення спрощеної моделі дає змогу суттєво знизити тривалість процедури, а отже істотно зменшити рентген-навантаження порівняно з групою без моделювання. Виконання повного моделювання не спричиняло значуще зменшення променевого навантаження порівняно зі спрощеною моделлю, проте істотно подовжувало тривалість процедури, зумовлювало необхідність додаткових навичок у персоналу.

Такі дані свідчать, що традиційна методика (застосована у I групі) дає змогу досягти критерії успішності швидше, але пов'язана з використанням більших доз рентгенівського випромінювання. Створення спрощеної анатомічної моделі (II група) дало змогу виконати РЧА за короткий час і мінімізувати променеве навантаження. Враховуючи, що використання електроанатомічної навігації суттєво збільшує вартість процедури, можна рекомендувати здійснювати РЧА КТІ без використання системи навігації, коли підтверджено діагноз ТП. Застосовувати навігацію під час РЧА КТІ доцільно при поєднанні РЧА КТІ з РЧА інших аритмій (наприклад, фібриляції передсердь).

За даними фахової літератури, показано переваги різних видів моделювання при фібриляції передсердь, але досі не здійснювали порівняння різних видів моделювання при тріпотінні передсердь [16]. Так, у різних дослідженнях показано, що для досягнення найкращих результатів абляції при ФП необхідна чітка ідентифікація аритмогенного субстрату (фіброзні ділянки та/або зони затримки проведення імпульсу). Абляція ділянок низької напруги показала перспективні результати у різних клінічних дослідженнях за участю пацієнтів із персистентною ФП. Однак стратегії абляції в низьковольтажних ділянках також мають певні обмеження через проблеми з визначенням тканини передсердь, що підтримує ФП. Сприйняття імпульсу залежить від орієнтації електрода щодо напрямку фронту поширення потенціалу. Підходи, що використовують картування високої щільності або багатополосні електроендограми, мають перспективу подолати цей бар'єр. Втім, не визначили чіткий поріг аплітуди для однозначної ідентифікації аритмогенного субстрату [16].

Наступне зменшення навантаження рентген-випромінюванням та тривалості процедури можливе за умови розвитку абляційних катетерів, 3D-датчиків, а також коли є змога візуалізувати у реальному часі на попередньо записаних петлях. Після завершення цього технологічного кроку система 3D- картування більше не буде потрібна для стандартних показань, як-от типове ТП. Незабаром абляція ТП стане можливою при тривалості флюорографії < 30 с [17].

Висновки

1. Використання анатомічної моделі правого передсердя дає змогу зменшити променеве навантаження на 75,8 % порівняно з традиційною методикою під час виконання радіочастотної катетерної абляції каво-трикуспідального перешийка при зіставних показниках тривалості процедури.

2. Досягнуто зменшення тривалості рентгенівського випромінювання на оператора та пацієнта з 572 ± 44 с до 120 ± 10 с, а також навантаження – з $62,0 \pm 5,0$ Gy.cm² до $15,0 \pm 1,3$ Gy.cm². При цьому тривалість процедури не зазнала статистично значущих змін, але так само мала тенденцію до скорочення тривалості виконання втручання ($43,0 \pm 3,3$ хв проти $41,5 \pm 3,5$ хв).

3. Використання анатомічної моделі може бути рекомендоване під час абляції каво-трикуспідального перешийка.

Перспективи подальших досліджень полягають у продовженні набору пацієнтів із передсердними макро-реентрі тахікардіями, включаючи неїстмус-залежне тріпотіння передсердь; наборі пацієнтів із постінцезійними макро-реентрі. Необхідним є визначення категорії реентрі тахіаритмій, абляції котрих потребують створення тільки часткової анатомічної моделі чи повної електроанатомічної моделі.

Фінансування

Дослідження виконане в рамках НДР ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова Національної академії медичних наук України»: «Діагностика та хірургічне лікування суправентрикулярних макро-реентрі тахіаритмій», держреєстрація № 0121U112955 (2021–2026).

Конфлікт інтересів:

відсутній.

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

Надійшла до редакції / Received: 28.08.2023

Після доопрацювання / Revised: 22.09.2023

Схвалено до друку / Accepted: 03.10.2023

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

Подлужний М. С., лікар-інтерн, Національний університет охорони здоров'я України імені П. А. Шупика, м. Київ.
ORCID ID: 0000-0002-8153-6477

Information about the authors:

Yakushev A. V., MD, PhD, Researcher, National M. Amosov Institute of Cardiovascular Surgery of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv.
Podluzhnyi M. S., MD, intern, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv.

References

- Wu, M. Y., Lin, Y. N., Wu, H. P., Huang, Y. Y., Chen, J. Y., Lin, K. H., & Chang, K. C. (2019). Inverse Correlation Between Left Atrial Appendage Function and CHA₂DS₂-VASc Score in Patients with Atrial Flutter. *Scientific reports*, 9(1), 17864. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54505-3>
- Lin, Y. S., Chen, Y. L., Chen, T. H., Lin, M. S., Liu, C. H., Yang, T. Y., Chung, C. M., & Chen, M. C. (2018). Comparison of Clinical Outcomes Among Patients With Atrial Fibrillation or Atrial Flutter Stratified by CHA₂DS₂-VASc Score. *JAMA network open*, 1(4), e180941. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2018.0941>
- Zhang, J., Johnsen, S. P., Guo, Y., & Lip, G. Y. H. (2021). Epidemiology of Atrial Fibrillation: Geographic/Ecological Risk Factors, Age, Sex, Genetics. *Cardiac electrophysiology clinics*, 13(1), 1-23. <https://doi.org/10.1016/j.ccep.2020.10.010>
- Hindricks, G., Potpara, T., Dagres, N., Arbelo, E., Bax, J. J., Blomström-Lundqvist, C., Boriani, G., Castella, M., Dan, G. A., Dilaveris, P. E., Fauchier, L., Filippatos, G., Kalman, J. M., La Meir, M., Lane, D. A., Lebeau, J. P., Letino, M., Lip, G. Y. H., Pinto, F. J., Thomas, G. N., ...

- ESC Scientific Document Group (2021). 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS): The Task Force for the diagnosis and management of atrial fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA) of the ESC. *European heart journal*, 42(5), 373-498. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa612>
- Benjamin, E. J., Muntner, P., Alonso, A., Bittencourt, M. S., Callaway, C. W., Carson, A. P., Chamberlain, A. M., Chang, A. R., Cheng, S., Das, S. R., Delling, F. N., Djousse, L., Elkind, M. S. V., Ferguson, J. F., Fornage, M., Jordan, L. C., Khan, S. S., Kissela, B. M., Knutson, K. L., Kwan, T. W., ... American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee (2019). Heart Disease and Stroke Statistics-2019 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*, 139(10), e56-e528. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000659>
- Kim, J., Lee, S. H., Kim, H. R., Chung, T. W., Choi, J. H., Kim, J. Y., Park, S. J., On, Y. K., Kim, J. S., & Park, K. M. (2022). Predictors of permanent pacemaker implantation after sinus conversion of cavotricuspid isthmus-dependent atrial flutter. *Scientific reports*, 12(1), 5336. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09439-8>
- Karoui, A., Bendahmane, M., & Zemzemi, N. (2021). Cardiac Activation Maps Reconstruction: A Comparative Study Between Data-Driven and Physics-Based Methods. *Frontiers in physiology*, 12, 686136. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.686136>
- Prakosa, A., Sermesant, M., Allain, P., Villain, N., Rinaldi, C. A., Rhode, K., Razavi, R., Delingette, H., & Ayache, N. (2014). Cardiac electrophysiological activation pattern estimation from images using a patient-specific database of synthetic image sequences. *IEEE transactions on bio-medical engineering*, 61(2), 235-245. <https://doi.org/10.1109/TBME.2013.2281619>
- Hernández-Romero, I., Molero, R., Fambuena-Santos, C., Herrero-Martín, C., Climent, A. M., & Guillem, M. S. (2023). Electrocardiographic imaging in the atria. *Medical & biological engineering & computing*, 61(4), 879-896. <https://doi.org/10.1007/s11517-022-02709-7>
- Yugo, D., Chen, Y. Y., Lin, Y. J., Chien, K. L., Chang, S. L., Lo, L. W., Hu, Y. F., Chao, T. F., Chung, F. P., Liao, J. N., Chang, T. Y., Lin, C. Y., Tuan, T. C., Kuo, L., Wu, C. I., Liu, C. M., Liu, S. H., Li, C. H., Hsieh, Y. C., & Chen, S. A. (2022). Long-term mortality and cardiovascular outcomes in patients with atrial flutter after catheter ablation. *Europace : European pacing, arrhythmias, and cardiac electrophysiology*, 24(6), 970-978. <https://doi.org/10.1093/europace/euab308>
- Chou, C. Y., Chung, F. P., Chang, H. Y., Lin, Y. J., Lo, L. W., Hu, Y. F., Chao, T. F., Liao, J. N., Tuan, T. C., Lin, C. Y., Chang, T. Y., Liu, C. M., Wu, C. I., Huang, S. H., Chen, C. C., Cheng, W. H., Liu, S. H., Lugtu, I. C., Jain, A., Feng, A. N., ... Chen, S. A. (2021). Prediction of Recurrent Atrial Tachyarrhythmia After Receiving Atrial Flutter Ablation in Patients With Prior Cardiac Surgery for Valvular Heart Disease. *Frontiers in cardiovascular medicine*, 8, 741377. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.741377>
- Sethi, N. J., Safi, S., Nielsen, E. E., Feinberg, J., Gluud, C., & Jakobson, J. C. (2017). The effects of rhythm control strategies versus rate control strategies for atrial fibrillation and atrial flutter: a protocol for a systematic review with meta-analysis and Trial Sequential Analysis. *Systematic reviews*, 6(1), 47. <https://doi.org/10.1186/s13643-017-0449-z>
- Timmis, A., Vardas, P., Townsend, N., Torbica, A., Katus, H., De Smedt, D., Gale, C. P., Maggioni, A. P., Petersen, S. E., Huculeci, R., Kazakiewicz, D., de Benito Rubio, V., Ignatiuk, B., Raisi-Estabragh, Z., Pawlak, A., Karagiannis, E., Treskes, R., Gaita, D., Beltrame, J. F., McCannachie, A., ... Atlas Writing Group, European Society of Cardiology (2022). European Society of Cardiology: cardiovascular disease statistics 2021. *European heart journal*, 43(8), 716-799. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab892>
- Nogami, A., Kurita, T., Abe, H., Ando, K., Ishikawa, T., Imai, K., Usui, A., Okishige, K., Kusano, K., Kumagai, K., Goya, M., Kobayashi, Y., Shimizu, A., Shimizu, W., Shoda, M., Sumitomo, N., Seo, Y., Takahashi, A., Tada, H., Naito, S., ... JCS/JHRS Joint Working Group (2021). JCS/JHRS 2019 Guideline on Non-Pharmacotherapy of Cardiac Arrhythmias. *Circulation journal*, 85(7), 1104-1244. <https://doi.org/10.1253/circj.CJ-20-0637>
- Waldmann, V., Bessière, F., Raimondo, C., Maltret, A., Amat, D., Marjion, E., & Combes, N. (2021). Atrial flutter catheter ablation in adult congenital heart diseases. *Indian pacing and electrophysiology journal*, 21(5), 291-302. <https://doi.org/10.1016/j.ipej.2021.06.003>
- Azzolin, L., Eichenlaub, M., Nagel, C., Naim, D., Sanchez, J., Unger, L., Dössel, O., Jadidi, A., & Loewe, A. (2023). Personalized ablation vs. conventional ablation strategies to terminate atrial fibrillation and prevent recurrence. *Europace : European pacing, arrhythmias, and cardiac electrophysiology*, 25(1), 211-222. <https://doi.org/10.1093/europace/euac116>
- Sommer, P., Wojdyla-Hordynska, A., Rolf, S., Gaspar, T., Eitel, C., Arya, A., Hindricks, G., & Piorkowski, C. (2013). Initial experience in ablation of typical atrial flutter using a novel three-dimensional catheter tracking system. *Europace : European pacing, arrhythmias, and cardiac electrophysiology*, 15(4), 578-581. <https://doi.org/10.1093/europace/eus226>