

Внутрішньосерцева 3D-навігація як інструмент для підвищення ефективності абляції ідіопатичних шлуночкових аритмій

С. Ю. Пророк¹*, 1.B.C.D, М. М. Долженко²A.E.F

¹Клінічна лікарня «Феофанія» Державного управління справами, м. Київ, Україна, ²Національний університет охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика, 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

Ключові слова:

екстрасистоля,
шлуночкова аритмія,
електрофізіологія,
3D-навігація, абляція.

Keywords:

extrasystole,
ventricular arrhythmia,
electrophysiology, 3D
navigation, ablation.

Надійшла до редакції /
Received: 15.01.2024

Після доопрацювання /
Revised: 30.01.2024

Схвалено до друку /
Accepted: 05.02.2024

Конфлікт інтересів:
відсутній.

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

*E-mail:
dr.proefi@gmail.com

Мета роботи – оцінити вплив 3D-навігації на ефективність абляції ідіопатичних шлуночкових аритмій.

Матеріали і методи. Наведено ретроспективний післяопераційний аналіз 57 хворих з ідіопатичними шлуночковими аритміями. Хворих поділили на дві групи: група I – 30 (52,6 %) пацієнтів, у яких картування виконали, застосувавши систему 3D-навігації; група II – 27 (47,4 %) хворих, у яких картування виконали, використавши класичні методи. Критерії ефективності – частота гострої супресії аритмії, кількість радіочастотних аплікацій до супресії та загальна тривалість втручання.

Результати. Інтраопераційної повної супресії аритмії досягнуто в усіх пацієнтів в обох групах. У групі I середня кількість аплікацій у разі шлуночкової екстрасистої становила 5,5 (4,0; 8,0), а в II групі – 6,5 (3,5; 9,0), без статистично значущої різниці ($p = 0,414$). Аналогічну ситуацію спостерігали при шлуночкової тахікардії. Так, у групі I середня кількість аплікацій становила 3,2 (3,0; 4,3), а в II групі – 5,0 (2,3; 11,0), різниця також статистично не значуща ($p = 0,537$). Тривалість втручання при шлуночкової екстрасистої у групі I становила $100,6 \pm 26,6$ хв, у групі II – $136,4 \pm 42,2$ хв, різниця статистично вірогідна ($p = 0,007$). Ще більшу різницю за тривалістю встановили при абляції в разі шлуночкової тахікардії: у групі I середня тривалість становила $89,3 \pm 20,4$ хв, у групі II – $135,4 \pm 55,5$ хв. Тривалість втручання при шлуночкової тахікардії із застосуванням 3D-навігації суттєво менша порівняно з класичними методиками ($p = 0,024$).

Висновки. У результаті дослідження встановили, що застосування 3D-навігації суттєво зменшувало тривалість втручання (незалежно від типу аритмії). Разом із тим групи дослідження вірогідно не відрізнялися за частотою гострої супресії аритмії та кількістю аплікацій до досягнення ефекту.

Сучасні медичні технології. 2024. № 1(60). С. 14-19

Intracardiac 3D navigation as a tool to improve the efficiency of ablation of idiopathic ventricular arrhythmias

S. Yu. Prorok, M. M. Dolzhenko

Aim. Evaluate the effect of 3D navigation on the effectiveness of ablation idiopathic ventricular arrhythmias.

Materials and methods. The paper presents a retrospective postoperative analysis of 57 patients with idiopathic ventricular arrhythmias. Patients were divided into two groups. Group I included 30 (52.6 %) patients who used a 3D navigation system during mapping. Group II – 27 (47.4 %) patients in whom mapping was performed using classical methods. The effectiveness criteria were: frequency of acute suppression of arrhythmia, number of radiofrequency applications for suppression, and time of intervention.

Results. Intraoperatively, complete suppression of the arrhythmia was successfully achieved in all cases in both groups. In group I average number of applications in patients with ventricular extrasystole was 5.5 (4.0; 8.0), while in group II – 6.5 (3.5; 9.0), without statistically significant difference ($p = 0.414$). A similar situation was observed with ventricular tachycardia. In group I number of applications was 3.2 (3.0; 4.3), and in group II – 5.0 (2.3; 11.0), which also had no statistically significant difference ($p = 0.537$). The duration of intervention for ventricular extrasystole in group I was 100.6 ± 26.6 min, while in group II – 136.4 ± 42.2 min, that has statistically significant difference ($p = 0.007$). During ablation of ventricular tachycardia in group I average duration was 89.3 ± 20.4 min, while in group II – 135.4 ± 55.5 min. The duration of intervention for ventricular tachycardia with the use of 3D navigation had a significantly shorter time compared to classical methods ($p = 0.024$).

Conclusions. Based on the obtained data, we concluded that the use of 3D navigation significantly reduced the intervention time, regardless of the localization and type of arrhythmia. At the same time, no significant difference was found in the frequency of acute arrhythmia suppression and the number of applications to achieve the effect between the studied groups.

Modern medical technology. 2024;(1):14-19

Ідіопатичні шлуночкові аритмії (ІША) – прогностично сприятливе порушення ритму, що не спричиняє ризик раптової смерті у пацієнтів зі структурно здоровим серцем [1,2,3]. Однак в окремих випадках ця аритмія стає причиною суттєвого погіршення якості життя [4,5,6].

Недоліки консервативної терапії та розвиток інвазивних методик лікування зумовили широке застосування радіочастотної абляції в пацієнтів з ІША [7,8,9,10,11]. Аналіз віддалених результатів показав значно вищу ефективність радіочастотної абляції для супресії аритмії порівняно з фармакотерапією [12]. Проте інвазивні методики також не мають 100 % результативності, що є підставою для продовження вивчення оптимальних шляхів супресії аритмії, беручи до уваги нові доступні технології.

Однією з таких новітніх технологій є внутрішньосерцева 3D-навігація, що вже показала свої переваги при різних порушеннях ритму, в певних нозологіях стала невід'ємною частиною абляції [13,14,15]. Незважаючи на переваги, що має ця методика, Консенсус експертів Європейської асоціації ритму з катетерного лікування шлуночкових аритмій 2019 року визначає лише можливість застосування 3D-навігації для лікування ІША, спираючись на окремі нерандомізовані дослідження, проте не вважає цю методику обов'язковою [13].

Отже, рішення про те, чи використовувати внутрішньосерцеву 3D-навігацію під час процедури, залежить тільки від персональних підходів лікаря або локальних протоколів лікарні, незважаючи на переваги методу.

Враховуючи відсутність стандартизованого підходу і єдиної думки щодо доцільності застосування внутрішньосерцевої 3D-навігації при абляції ідіопатичних шлуночкових аритмій, актуальним є продовження вивчення ефективності цього методу картування.

Мета роботи

Оцінити вплив 3D-навігації на ефективність абляції ідіопатичних шлуночкових аритмій.

Матеріали і методи дослідження

Основний критерій залучення хворого до дослідження – відсутність тяжких структурних уражень серця або супутньої патології, що могли спричинити шлуночкові порушення ритму. Обов'язковий критерій – анатомічно здорове серце, за даними ЕхоКГ-обстеження. Ізольоване зниження фракції викиду лівого шлуночка – не підстава для виключення з дослідження через імовірність подібних змін внаслідок значного навантаження епізодами аритмії на добу та розвитку аритмогенної кардіоміопатії. Якщо виявляли симптоми чи фактори ризику ішемічної хвороби серця, проводили тредміл-тест або коронарографію для виключення гемодинамічно значущого стенозу коронарних артерій. Пацієнтам з імовірним міокардитом виконували МРТ серця з контрастуванням для виключення гострого запального процесу. Якщо пацієнт мав хронічні супутні хвороби, він мав перебувати в стані ремісії, компенсації. Коли дотримано всіх наведених вимог, вважали, що пацієнт має ідіопатичне порушення ритму.

Наведено ретроспективний післяопераційний аналіз 57 симптоматичних хворих з ІША, яким виконали радіочастотну абляцію осередку аритмії на базі Клінічної лікарні «Феофанія» Державного управління справами (м. Київ) у період з 2019 до 2023 року включно. У дослідження залучили 26 чоловіків і 31 жінку. Вік пацієнтів – від 19 до 70 років, у середньому становив $45,0 \pm 11,7$ року.

Залежно від типу внутрішньосерцевого картування хворих поділили на дві групи. У групу I (основну) залучили 30 (52,6 %) пацієнтів, у яких картування осередку аритмії під час абляції виконали, застосувавши флюороскопію, електрофізіологічну реєстрацію та електроанатомічну систему внутрішньосерцевої 3D-навігації. У групу II (контрольну) залучили 27 (47,4 %) хворих, у котрих картування здійснили, використавши класичні методики – за допомогою тільки флюороскопії та електрофізіологічної реєстрації.

Постійну антиаритмічну терапію в групі I одержували 28 (96,2 %) хворих, у групі II – лише 19 (70,3 %) пацієнтів. У групі I аміодарон застосовували 10 (29,6 %) пацієнтів; 4 (14,8 %) хворих приймали комбіновану терапію з двох антиаритмічних препаратів. У групі II аміодарон отримували 2 (7,4 %) пацієнти, жоден хворий не приймав комбіновану терапію.

Основне супутнє захворювання кардіологічного профілю – гіпертонічна хвороба: 8 (26,7 %) випадків в основній групі, 6 (22,2 %) – у контрольній. В усіх випадках наявності гіпертонічної хвороби адекватний контроль тиску досягнуто на доопераційному етапі.

У 3 (11,1 %) хворих групи II та 1 (3,3 %) пацієнта групи I ідіопатична шлуночкова аритмія комбінувалася з іншими видами тахіаритмій. Зокрема, у групі II в одному випадку – з тріпотінням передсердь, у двох – з пароксизмальною формою фібриляції передсердь. У групі I під час електрофізіологічного дослідження виявлено реентері-тахікардію АВ-вузла.

Позасерцеву супутню патологію, зокрема бронхіальну астму, діагностували в 1 (5,4 %) пацієнта групи I; ще у 2 (6,7 %) випадках цієї групи виявлено патологічне ожиріння. У групі II в 1 (3,7 %) хворого діагностовано аутоімунний тиреоїдит та ерозивний гастрит; в 1 (3,7 %) випадку – цукровий діабет 1 типу в поєднанні з гепатитом С. У всіх випадках наявності супутньої патології втручання планували тільки після досягнення компенсації хвороби, за межами гострого періоду.

3-поміж хворих, які залучені до цього дослідження, 5 (8,8 %) осіб мали попередні абляції з приводу ІША. Так, у чотирьох пацієнтів було одне неуспішне попереднє втручання, в одного хворого в анамнезі було два неуспішних втручання. Усі хворі, в яких були попередні неуспішні втручання, залучені до групи I.

Враховуючи різницю клінічного перебігу та інтенсивності симптомів залежно від типу аритмії, розрізняли дві нозології: ідіопатичну шлуночкову екстрасистолію та ідіопатичну шлуночкову тахікардію.

У групі I ідіопатичну шлуночкову екстрасистолію зафіксовано в 20 (66,7 %) хворих: 12 (40,0 %) пацієнтів мали мономорфну, 8 (26,7 %) – поліморфну екстрасистолію. Ідіопатичну шлуночкову тахікардію виявлено у 10 (33,3 %) пацієнтів групи I.

У групі II визначена тільки мономорфна екстрасистолія, яку зафіксували у 16 (59,3 %) хворих. Ідіопатична шлуночкова тахікардія діагностована в 11 (40,7 %) випадках.

Через суттєвий вплив на складність абляції та ризик ускладнень залежно від локалізації аритмії розрізняли лівошлуночкові та правошлуночкові аритмії. У групу I залучили 21 (70 %) хворого з правошлуночковою локалізацією і 9 (30 %) осіб із лівошлуночковою; у групу II – 17 (63 %) пацієнтів з осередком у правому шлуночку та 10 (33 %) хворих з осередком у лівому шлуночку.

В обох групах картування виконували за принципом часу активації згідно з вимірами та оцінюванням даних, що отримали за допомогою електрофізіологічної системи (WorkMate Claris Workstation). Осередком вважали ділянку міокарда з найбільш ранньою електричною активацією, у якій внаслідок впливу радіочастотним током вдавалось досягнути повної супресії аритмії. Для внутрішньосерцевої 3D-навігації використали систему EnSite Velocity Cardiac Mapping System, Abbott.

Для нанесення радіочастотних аплікацій застосували генератор радіочастотного струму Ampere™ RF Ablation Generator виробництва Abbott у поєднанні з насосом для подачі охолодження Cool Point™ Irrigation Pump. Для безпосередньої доставки радіочастотного току в осередок аритмії використовували такі абляційні катетери: Therapy™ Ablation Catheters, FlexAbility™ Ablation Catheters з міжелектродною відстанню 2 мм і дистальним електродом завдовжки 4 мм.

Параметри абляції катетером без охолодження: 60 хв, максимальна температура – 55 °С, енергія – 35 Вт. Контроль нанесення аплікації – за температурою. У разі застосування катетера з охолодженням максимальна температура становила 45 °С, час експозиції – не менше ніж 60 хв, титрування енергії – від 35 Вт до 45 Вт. Контроль нанесення аплікації – за імпедансом.

Ефективність втручання оцінювали залежно від локалізації, на підставі аналізу показників: частоти гострої супресії аритмії інтраопераційно, загальної тривалості втручання, кількості аплікацій радіочастотного току.

Статистичний аналіз результатів дослідження здійснили з використанням пакета EZR v. 1.54 (freeware, graphical user interface for R statistical software version 4.0.3, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria). Для кількісних ознак розраховано середнє значення показника та стандартне відхилення (\pm SD) у разі відповідності нормальному закону розподілу або медіанне значення та міжквартильний інтервал (QI; QIII), коли визначено відхилення від нормального закону розподілу даних. Для порівняння двох груп використано критерій Стьюдента для незалежних вибірок або непараметричний критерій Манна–Вітні. Перевірку розподілу на нормальність проводили за критерієм Шапіро–Вілка.

Для аналізу факторів, пов'язаних із ризиком значної тривалості втручання, було використано метод побудови моделей логістичної регресії. Вплив факторних ознак оцінено за показником відношення шансів (ВШ), для яких був розрахований 95 % ДІ. Для визначення мінімального набору факторних ознак, пов'язаних із ризиком «випадку», під час побудови багатофакторних моделей прогнозування

використали метод покрокового відкидання / додавання ознак (Stepwise). Оптимальний поріг ухвалення рішення для моделі визначали шляхом досягнення максимальної чутливості та специфічності за індексом Youden. Для оцінювання прогностичних якостей моделі використали метод побудови й аналізу кривих операційних характеристик (ROC-криві). Для оцінювання прогностичності тесту розраховували площу під ROC-кривою (AUC).

Результати

Інтраопераційно вдалося досягнути гострої супресії аритмії в усіх хворих в обох групах.

Застосування 3D-навігації при картуванні осередку аритмії зменшувало тривалість втручання порівняно з класичною методикою. Так, у середньому тривалість втручання при шлуночкової екстрасистолії у групі I становила $100,6 \pm 26,6$ хв, а в групі II – $136,4 \pm 42,2$ хв, різниця статистично значуща ($p = 0,007$).

Аналогічну ситуацію, але ще з більшою різницею за тривалістю, спостерігали при абляції шлуночкової тахікардії: у групі I середня тривалість становила $89,3 \pm 20,4$ хв, а в групі II – $135,4 \pm 55,5$ хв. Тривалість втручання при шлуночкової тахікардії з застосуванням 3D-навігації суттєво менша порівняно з класичними методиками ($p = 0,024$).

У групі I середня кількість аплікацій у разі шлуночкової екстрасистолії становила 5,5 (4,0; 8,0), а в II групі – 6,5 (3,5; 9,0), без статистично значущої різниці ($p = 0,414$). Аналогічну ситуацію спостерігали при шлуночкової тахікардії. Так, у групі I середня кількість аплікацій становила 3,2 (3,0; 4,3), а в II групі – 5,0 (2,3; 11,0), різниця також статистично не значуща ($p = 0,537$). Результати наведено на *рис. 1*.

Враховуючи відсутність різниці між групами дослідження за кількістю пацієнтів, у яких вдалося досягнути гострої супресії аритмії інтраопераційно, а також невірності різниці за кількістю аплікацій для досягнення супресії, надалі детально аналізували лише тривалість втручання.

Для виявлення сукупності ознак, пов'язаних із ризиком значної тривалості втручання, використали метод побудови багатофакторних моделей логістичної регресії. Аналізували фактори ризику: вік, зріст, масу тіла, стать, локалізацію, тип аритмії, тип картування, поліморфну аритмію, позасерцеву патологію, супутню кардіологічну патологію, повторні втручання. Прогнозували ризик того, що тривалість втручання буде більшою за медіанне значення (≥ 115 хв). Для встановлення значущих ознак використано метод покрокового залучення / виключення (поріг виключення – $p > 0,2$, поріг залучення – $p < 0,1$). Визначили чотири фактори ризику: вік, стать, тип аритмії, група. На виділених ознаках побудовано чотирифакторну модель логістичної регресії. Модель адекватна, χ^2 -квдрат = 15,8 при 4 ступенях свободи ($p = 0,003$). На *рис. 2* наведено криву операційних характеристик моделі.

Площа під кривою операційних характеристик моделі AUC = 0,79 (95 % ВІ 0,66–0,88), що свідчить про хорошу узгодженість моделі та зв'язок ризику значної тривалості втручання з віком, статтю, типом аритмії, групою. У *таблиці 1* наведено результати багатофакторного аналізу.

Таблиця 1. Коефіцієнти 4-факторної моделі логістичної регресії прогнозування ризику тривалого втручання

Фактор ризику	Коефіцієнт моделі, $b \pm m$	Рівень значущості відмінності коефіцієнта від 0 ($p < 0,05$)	Показник відношення шансів, ВШ (95 % ВІ)
Вік	-0,051 \pm 0,028	0,070	–
Стать	ч	Референтний	
	ж	1,250 \pm 0,630	0,048
Тип аритмії	екстрасистоля	Референтний	
	тахікардія	-1,320 \pm 0,670	0,050
Група	II	Референтний	
	I	-1,560 \pm 0,640	0,015

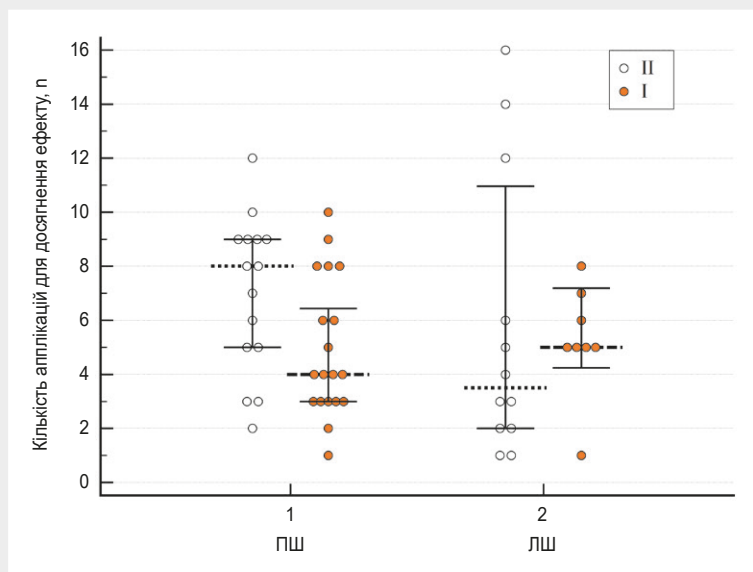


Рис. 1. Кількість аплікацій до повної супресії аритмії залежно від типу аритмії (n), Me (QI; QIII). Наведено медіанне значення та його 95 % ДІ. Порівняли за критерієм Манна-Вітні.

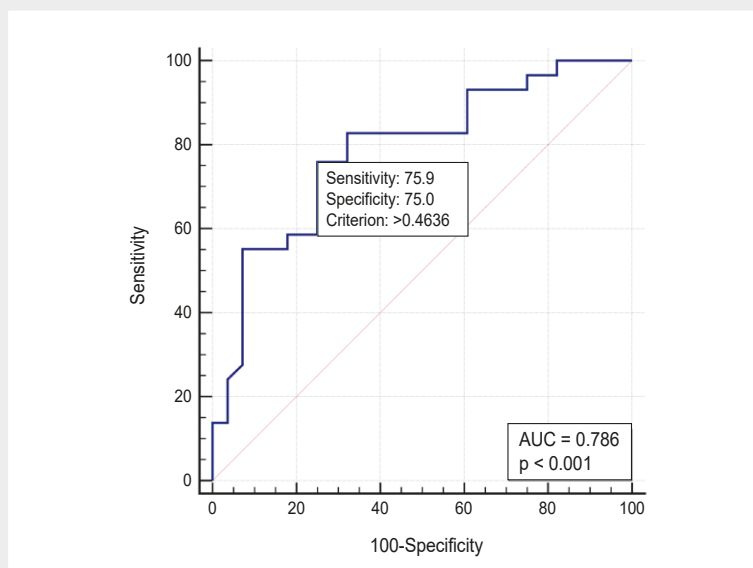


Рис. 2. ROC-крива чотирифакторної моделі логістичної регресії прогнозування ризику значної тривалості втручання. Наведено площу під кривою операційних характеристик, чутливість і специфічність моделі при визначенні критичного рівня за Youden Index.

Отже, під час багатофакторного аналізу виявлено зниження ризику тривалого втручання ($p = 0,015$) у групі I (ВШ = 0,21; 95 % ВІ 0,06–0,74) порівняно з групою II (зважаючи на вплив віку, статі, типу аритмії).

У результаті аналізу комбінації факторів, що впливали на тривалість втручання, встановили: єдиний фактор, що впливав на цей показник, – те, у якій групі перебував пацієнт. Якщо пацієнт залучений до групи II, то ризик тривалого втручання зростає, а пацієнти групи I мали достовірно нижчі шанси тривалого втручання. Всі інші проаналізовані фактори та їх комбінації не впливали на цей показник. Тому зробили висновок, що отримані попередні дані щодо тривалості втручання не зумовлені сторонніми факторами і є результатом застосування саме 3D-навігації.

Обговорення

Одержані показники гострої інтраопераційної супресії аритмії (100 %) значно перевищують дані, що наведені в фаховій літературі, де середня результативність становить 82–86 % [7,8,9]. Така відмінність зумовлена тим, що серед пацієнтів, які залучені в дослідження, не було хворих з епікардіальною локалізацією осередку аритмії, а також невеликою кількістю хворих з аритмією безпосередньо з ділянки папілярних м'язів лівого шлуночка.

Крім того, треба враховувати, що в більшості досліджень або немає даних про частоту застосування 3D-навігації [8,10,12], або зазначено про застосування цього інструмента лише в 34 % випадків [9]. У нашому дослідженні 3D-навігація застосована у більше ніж у половини хворих (52,6 %), і перевагу віддавали клінічно складним випадкам. Це цілком може бути причиною вищої результативності.

Зазначимо, що не вдалося виявити значної різниці за частотою гострої супресії аритмії між групами. Це корелює з даними наукової літератури, в якій показано високу частоту застосування 3D-навігації [8]. Однак враховуючи, що в основну групу залучено пацієнтів із тяжчим перебігом патології (попередні неуспішні втручання, поліморфна аритмія, ожиріння, агресивніша антиаритмічна терапія), еквівалентність результатів між групами можна визначити як опосередкований параметр підвищення ефективності абляції при застосуванні 3D-навігації.

Очікували, що 3D-навігація дасть змогу точніше локалізувати осередок аритмії, а отже зменшить кількість аплікацій, але ця гіпотеза не підтвердилася. Не встановили значущої різниці між групами за кількістю аплікацій; це корелює з даними фахової літератури [8,9,10,12].

У результаті дослідження виявили значну різницю між групами обстежених за тривалістю втручання. Встановили суттєве зниження тривалості втручання при застосуванні 3D-навігації і при прямому порівнянні між групами, і під час мультифакторного аналізу. Цей аспект не висвітлено у сучасній науковій літературі, хоча міжнародні рекомендації містять вказівки на можливий позитивний вплив 3D-навігації на цей фактор [13,15].

Дані з наукових джерел свідчать, що середня тривалість втручання (незалежно від методики картування) становить

від 100 хв до 249 хв [8,9]. У нашому дослідженні вдалося досягнути зменшення тривалості втручання у групі дослідження до 89–100 хв. Такий результат визначили як підтвердження більшої ефективності абляції ІША внаслідок застосування 3D-навігації.

Висновки

1. Застосування 3D-навігації не впливало на частоту гострої супресії аритмії, але інтраопераційної супресії аритмії досягнуто в усіх випадках в обох групах. Зауважимо, що до основної групи дослідження залучено пацієнтів із тяжчим перебігом.

2. Незалежно від способу картування, групи дослідження значущо не відрізнялися за кількістю радіочастотних аплікацій для супресії осередку аритмії.

3. Внутрішньосерцева 3D-навігація суттєво зменшувала тривалість втручання, незалежно від типу аритмії та незважаючи на складніший клінічний профіль пацієнтів у групі I.

Перспективи подальших досліджень. Нові дослідження ролі 3D-навігації при абляції ідіопатичних шлуночкових аритмій можуть стати передумовою для отримання I класу рекомендацій щодо застосування цієї методики. Це сприятиме покращенню результатів лікування патології.

Відомості про авторів:

Пророк С. Ю., лікар-хірург серцево-судинний, Центр лікування аритмій, Клінічна лікарня «Феофанія» Державного управління справами, м. Київ, Україна.

ORCID ID: 0009-0009-9617-8367

Долженко М. М., д-р мед. наук, професор, зав. каф. кардіології, Національний університет охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика, м. Київ.

ORCID ID: 0000-0002-8559-9598

Information about the authors:

Prorok S. Yu., MD, electrophysiologist, Arrhythmia Treatment Center, Clinical Hospital "Feofania" State Affairs Department, Kyiv, Ukraine.

Dolzhenko M. M., MD, PhD, DSc, Professor, Head of the Department of Cardiology, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv.

References

1. Pelliccia A, De Martino L, Borrazzo C, Serdoz A, Lemme E, Zorzi A, et al. Clinical correlates and outcome of the patterns of premature ventricular beats in Olympic athletes: a long-term follow-up study. *Eur J Prev Cardiol.* 2020;28(10):1038-47. doi: 10.1177/2047487320928452
2. Al-Khatib SM, Stevenson WG, Ackerman MJ, Bryant WJ, Callans DJ, Curtis AB, et al. 2017 AHA/ACC/HRS Guideline for Management of Patients With Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society. *Circulation.* 2018;138(13):e210-e271. doi: 10.1161/CIR.0000000000000548
3. Zeppenfeld K, Tfelt-Hansen J, de Riva M, Winkel BG, Behr ER, Blom NA, et al. 2022 ESC Guidelines for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death. *Eur Heart J.* 2022;43(40):3997-4126. doi: 10.1093/eurheartj/ehac262
4. Klewer J, Springer J, Morshedzadeh J. Premature Ventricular Contractions (PVCs): A Narrative Review. *Am J Med.* 2022;135(11):1300-5. doi: 10.1016/j.amjmed.2022.07.004
5. De Silva K, Haqqani H, Mahajan R, Qian P, Chik W, Voskoboinik A, et al. Catheter Ablation vs Antiarrhythmic Drug Therapy for Treatment of Prema-

- ture Ventricular Complexes: A Systematic Review. *JACC Clin Electrophysiol.* 2023;9(6):873-85. doi: [10.1016/j.jacep.2023.01.035](https://doi.org/10.1016/j.jacep.2023.01.035)
6. Hayashi T, Liang JJ, Shirai Y, Kuo L, Muser D, Kubala M, et al. Trends in Successful Ablation Sites and Outcomes of Ablation for Idiopathic Outflow Tract Ventricular Arrhythmias. *JACC Clin Electrophysiol.* 2020;6(2):221-30. doi: [10.1016/j.jacep.2019.10.004](https://doi.org/10.1016/j.jacep.2019.10.004)
 7. Hanson M, Futyma P, Bode W, Liang JJ, Tapia C, Adams C, et al. Catheter ablation of intramural outflow tract premature ventricular complexes: a multicentre study. *Europace.* 2023;25(5):euad100. doi: [10.1093/europace/euad100](https://doi.org/10.1093/europace/euad100)
 8. Asatryan B, Seiler J, Bourquin L, Knecht S, Servatius H, Madaffari A, et al. Pre-procedural arrhythmia burden and the outcome of catheter ablation of idiopathic premature ventricular complexes. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2021;44(4):703-10. doi: [10.1111/pace.14211](https://doi.org/10.1111/pace.14211)
 9. Haanschoten DM, Vermoooy K, Beukema RJ, Szili-Torok T, Ter Bekke RM, Khan M, et al. Elimination of Benign Ventricular Premature Beats or Ventricular Tachycardia with Catheter Ablation versus Two Different Optimal Antiarrhythmic Drug Treatment Regimens (Sotalol or Verapamil/Flecainide). *Cardiology.* 2020;145(12):795-801. doi: [10.1159/000509661](https://doi.org/10.1159/000509661)
 10. Muser D, Tritto M, Mariani MV, Di Monaco A, Compagnucci P, Accogli M, et al. Diagnosis and Treatment of Idiopathic Premature Ventricular Contractions: A Stepwise Approach Based on the Site of Origin. *Diagnostics (Basel).* 2021;11(10):1840. doi: [10.3390/diagnostics11101840](https://doi.org/10.3390/diagnostics11101840)
 11. Sousa PA, Barra S, Cortez-Dias N, Khoueiry Z, Paulo J, António N, et al. Multielectrode mapping for premature ventricular contraction ablation – A prospective, multicenter study. *Int J Cardiol.* 2023;383:33-9. doi: [10.1016/j.ijcard.2023.04.044](https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2023.04.044)
 12. Cai C, Wang J, Niu H, Hua W, Chu J, Zhang S. Multipolar mapping for catheter ablation of premature ventricular complexes originating from papillary muscles in the structurally normal heart: a case series. *BMC Cardiovasc Disord.* 2020;20(1):464. doi: [10.1186/s12872-020-01747-z](https://doi.org/10.1186/s12872-020-01747-z)
 13. Kim YH, Chen SA, Ernst S, Guzman CE, Han S, Kalarus Z, et al. 2019 APHRS expert consensus statement on three-dimensional mapping systems for tachycardia developed in collaboration with HRS, EHRA, and LAHRS. *J Arrhythm.* 2020;36(2):215-70. doi: [10.1002/joa3.12308](https://doi.org/10.1002/joa3.12308)
 14. Merino JL. Tools or Toys? The 20-Year Anniversary of the Nonfluoroscopic Mapping System Dilemma. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed).* 2017;70(9):690-3. English, Spanish. doi: [10.1016/j.rec.2017.05.012](https://doi.org/10.1016/j.rec.2017.05.012)
 15. Cronin EM, Bogun FM, Maury P, Peichl P, Chen M, Nambodiri N, et al. 2019 HRS/EHRA/APHRS/LAHS expert consensus statement on catheter ablation of ventricular arrhythmias. *Europace.* 2019;21(8):1143-4. doi: [10.1093/europace/euz132](https://doi.org/10.1093/europace/euz132)