

**Перепека Є. О.**<sup>1</sup>, лікар-хірург відділення лікування аритмій з рентгеноопераційною, аспірант, <https://orcid.org/0000-0001-9755-8825>

**Кравчук Б. Б.**<sup>1</sup>, канд. мед. наук, завідувач відділу електрофізіології та рентгенхірургічних методів лікування аритмій серця, <https://orcid.org/0000-0002-4535-7797>

**Сичик М. М.**<sup>1,2</sup>, канд. техн. наук, провідний інженер відділення лікування аритмій з рентгеноопераційною, доцент кафедри біомедичної інженерії, <http://orcid.org/0000-0003-0145-4744>

**Миколайчук С. Л.**<sup>1</sup>, лікар-анестезіолог відділення хірургічного лікування вроджених вад серця у новонароджених та дітей молодшого віку, <http://orcid.org/0009-0006-9335-6429>

<sup>1</sup>ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України», м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

## Мінімізація впливу іонізуючого випромінювання при катетерному лікуванні фібриляції передсердь: безпека та ефективність

**Резюме.** Ізоляція легеневих вен з використанням радіочастотної абляції є найпоширенішим методом катетерного лікування фібриляції передсердь. Підвищену увагу електрофізіологічної спільноти привертають підходи, що дають змогу мінімізувати залучення рентгеновізуалізації під час проведення катетерних втручань через потенційні ризики негативного впливу іонізуючого опромінення на пацієнтів та медичний персонал.

**Мета** – оцінити ефективність та безпечність виконання процедури катетерної радіочастотної абляції ізоляції легеневих вен (ІЛВ) при мінімізації рентгеноопромінення пацієнтів та медичного персоналу.

**Матеріали та методи.** У дослідження було відібрано 43 пацієнти з різними формами фібриляції передсердь – 28 (65 %) із пароксизмальною і 15 (35 %) з персистою. Всім пацієнтам проведено катетерну радіочастотну абляцію ІЛВ із заходами, спрямованими на мінімізацію рентгеноопромінення в ДУ «НІССХ ім. М. М. Амосова НАМН України» в період з червня 2023 по квітень 2024 року. Ці заходи включали використання оптимізованого протоколу рентгеноопромінення на етапах, що передбачали використання рентгену та застосування лише електроанатомічної навігації після проведення трансептальної пункції.

**Результати.** У всіх 43 пацієнтів вдалось електрично ізолювати всі вени. Радіочастотну абляцію кавотрикуспідального перешийка було виконано у 15 пацієнтів, з них у 5 (31,2 %) пацієнтів групи А («Zero-fluoro»), 7 (33,3 %) з групи Б («Near Zero-fluoro») та в 3 (50 %) з групи В («Non Zero-fluoro») ( $p = 0,696$ ). Загальний добуток дози на площу (ДДП) та загальна доза опромінення, так само як і загальний час використання рентгену і час процедури, були значно меншими при застосуванні підходу мінімізації залучення іонізуючого опромінення, ніж при традиційному. ДДП та загальна доза опромінення в групі А була найменшою ( $7,29 \pm 5,16$  Гр·см<sup>2</sup>,  $76,62 \pm 70,82$  мГр) й значно відрізнялась від таких показників у групі В [ $107,67 \pm 97,59$  Гр·см<sup>2</sup> ( $p < 0,001$ ) та  $882,32 \pm 868,62$  мГр ( $p = 0,001$ )]. Тривалість процедури при цьому в групі А і Б ( $112,81 \pm 30,16$  та  $138,06 \pm 33,44$  хв) були меншими, ніж у групі В ( $167 \pm 43,53$  хв), а в групі А достовірно менше, ніж у групі В ( $p = 0,014$ ). Жодних інтраопераційних ускладнень у досліджуваній вибірці не спостерігалось.

**Висновки.** Мінімізація рентгеноопромінення із застосуванням сучасних навігаційних систем під час виконання катетерної радіочастотної абляції ізоляції легеневих вен не пов'язана зі збільшенням інтрапроцедурних ускладнень у пацієнтів із пароксизмальною та персистою фібриляцією передсердь. Цей підхід дозволяє значно зменшити такі показники, як загальний ДДП та дозу опромінення, не збільшуючи час виконання процедури ІЛВ.

**Ключові слова:** навігаційна система, трансептальна пункція, тріпотіння передсердь, катетерна абляція, рентгеноскопія.

**Вступ.** Фібриляція передсердь є однією із найпоширеніших аритмій серед населення, яка пов'язана з підвищеним ризиком виникнення інсульту, серцевої недостатності, підвищенням показників смертності та погіршенням якості життя [1]. Радіочастотна катетерна абляція ізоляція легеневих вен (ІЛВ) є ключовим аспектом у катетерному лікуванні симптоматичної пароксизмальної або персистуючої фібриляції передсердь, що рефрактерна до медикаментозної терапії [2]. Катетерна ІЛВ, зокрема радіочастотна, є найпоширенішим методом катетерного лікування аритмій [3]. Виконання цієї процедури передбачає використання рентгенопроміння, яке на певних етапах є незамінним методом для навігації та візуалізації внутрішньосерцевих структур. Підвищену увагу електрофізіологічної спільноти привертають підходи, що дають змогу мінімізувати залучення рентгеновізуалізації під час проведення катетерних втручань [4].

У нещодавніх дослідженнях було піднято питання про негативні наслідки тривалого впливу іонізуючого випромінювання [5,6,7,8]. Такі наслідки включають підвищений ризик розвитку онкологічних захворювань, уражень шкіри і навіть катаракти [5]. Стохастичні наслідки іонізуючого випромінювання, зокрема індукція злоякісних новоутворень, особливо турбують через їхню кумулятивну та часто незворотну природу [6].

Визнаючи ці ризики, в електрофізіологічних лабораторіях все більше акцентують увагу на принципах ALARA (As Low As Reasonably Achievable – «Мінімізувати, наскільки це можливо та доцільно») [7,8]. Використання захисних бар'єрів, свинцевих фартухів та комірців для щитоподібної залози є стандартними методами захисту [6]. Крім того, інновації в системах навігації, що не передбачають залучення іонізуючого випромінювання, показали перспективи у скороченні часу використання флюороскопії [8]. Технології, такі як системи електроанатомічного картування, дають можливість 3D-візуалізації кардіальних структур без залучення рентгенівських променів. Ці системи не тільки покращують точність процедури, а й значно скорочують час впливу іонізуючого випромінювання [9]. Також важливим є впровадження внутрішньосерцевої ехокардіографії, що відіграє ключову роль у мінімізації використання флюороскопії як під час виконання ІЛВ, так і при виконанні трансептальної пункції (у комбінації з електроанатомічним картуванням чи без нього) [10,11,12]. Ці методи дозволяють детально візуалізувати анатомію, тим самим покращуючи ефективність та безпеку процедури, одночасно знижуючи рівень іонізуючого випромінювання.

З'являється все більше публікацій про успішне проведення ІЛВ взагалі без використання рентгенопроміння [13,14,15,16,17].

Постійний розвиток технологій і методів у електрофізіологічних лабораторіях свідчить про зміну

парадигми в бік безпечнішого та ефективнішого лікування аритмій. Для електрофізіологічної спільноти вкрай важливо продовжувати впровадження цих інновацій та удосконалювати інтрапроцедурні протоколи проведення втручань з метою підвищення безпеки для пацієнтів та медичного персоналу.

**Мета** – оцінити ефективність та безпечність виконання процедури радіочастотної катетерної абляції ізоляції легеневих вен з метою мінімізації рентгенопроміння пацієнтів та медичного персоналу.

#### **Матеріали та методи**

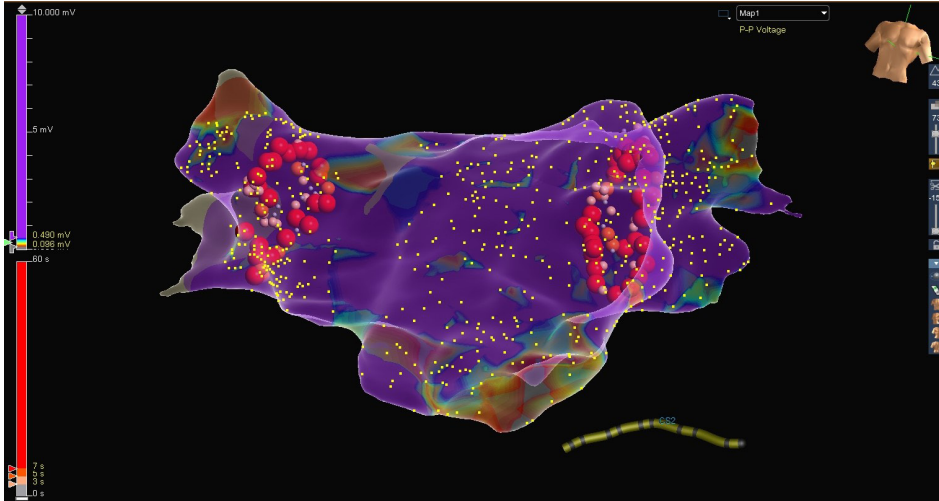
##### *Вибірка з досліджуваних пацієнтів*

У дослідження було відібрано 43 пацієнти із різними формами фібриляції передсердь – 28 (65 %) із пароксизмальною і 15 (35 %) з персистуючою формами. Усім пацієнтам проведено катетерну радіочастотну абляцію ІЛВ із заходами, спрямованими на мінімізацію рентгенопроміння в ДУ «НІССХ ім. М. М. Амосова НАМН України» в період з червня 2023 по квітень 2024 року. Зазначені заходи включали використання оптимізованого протоколу рентгенопроміння на етапах, що передбачали використання рентгену, а саме: зменшення кількості кадрів за секунду та користування колімаційними рамками. Також максимальне, наскільки це було доцільно та безпечно для пацієнта, користування лише електроанатомічною навігацією після етапу проведення трансептальної пункції.

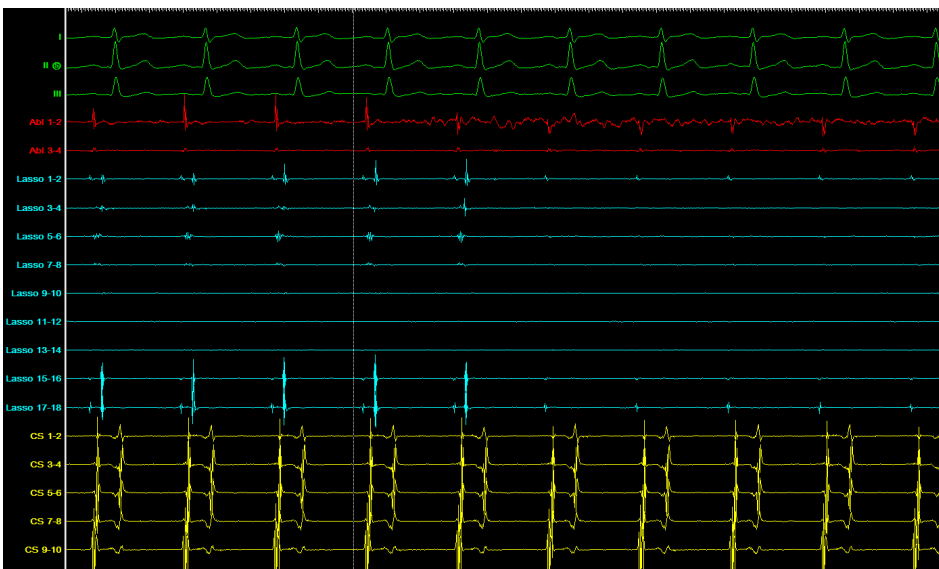
##### *Процедура абляції*

Усі втручання пацієнтам із досліджуваної вибірки виконував один оператор. Після проведення під рентгеноконтрастним контролем трансептальної пункції всім досліджуваним пацієнтам виконували реконструкцію 3D анатомічної моделі лівого передсердя та легеневих вен. Також будували вольтажну карту лівого передсердя та легеневих вен для оцінювання ступеня фібротичного ремоделювання (рисунок 1). Процедуру ІЛВ виконували за протоколом «висока потужність коротка тривалість» нанесення радіочастотних аплікацій [18]. Потужність і тривалість аплікацій на передній стінці лівого передсердя становили 70 Вт та 7 секунд відповідно, на задній стінці тривалість становила 5 секунд при аналогічній потужності (див. рисунок 1). Ізоляція легеневих вен підтверджувалась зникненням характерних потенціалів у легеневих венах (блокада входу), а також блокадою виходу електричного імпульсу із легеневої вени при стимуляції з неї з високою амплітудою (15–20 мА/1 мс) або наявністю ізолюваних потенціалів у легеневих венах, що не мали виходу в ліве передсердя (рисунок 2).

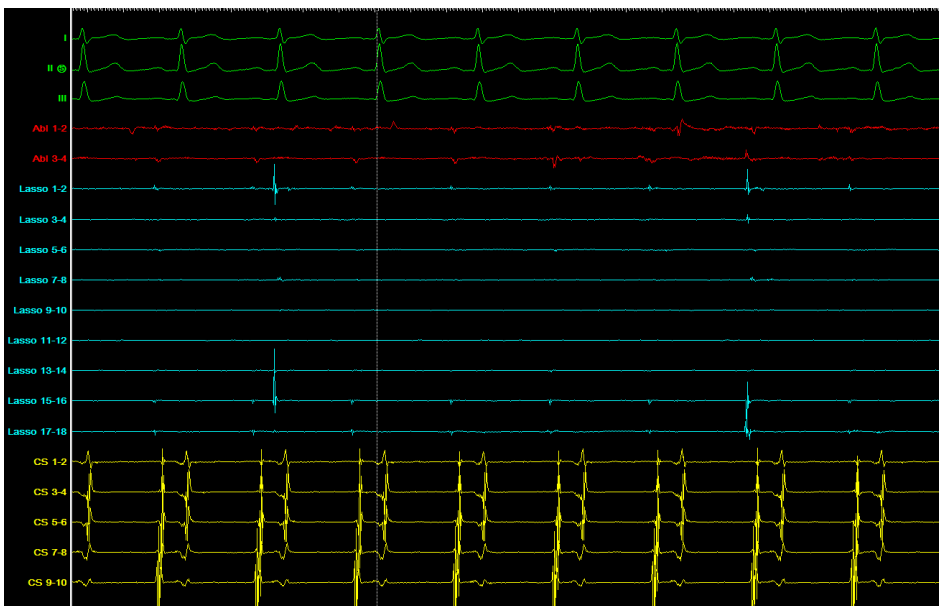
Після успішної електричної ізоляції легеневих вен відраховували контрольний час, що становив 20 хвилин. За цей час оцінювали наявність повторного електричного з'єднання між лівим передсердям та легеневидами венами. Якщо за контрольний час повторне



**Рисунок 1.** 3D анатомічна та вольтажна карта лівого передсердя та легеневих вен (картування до етапу абляції). Великі кульки – точки радіочастотних аплікацій при виконанні ІЛВ

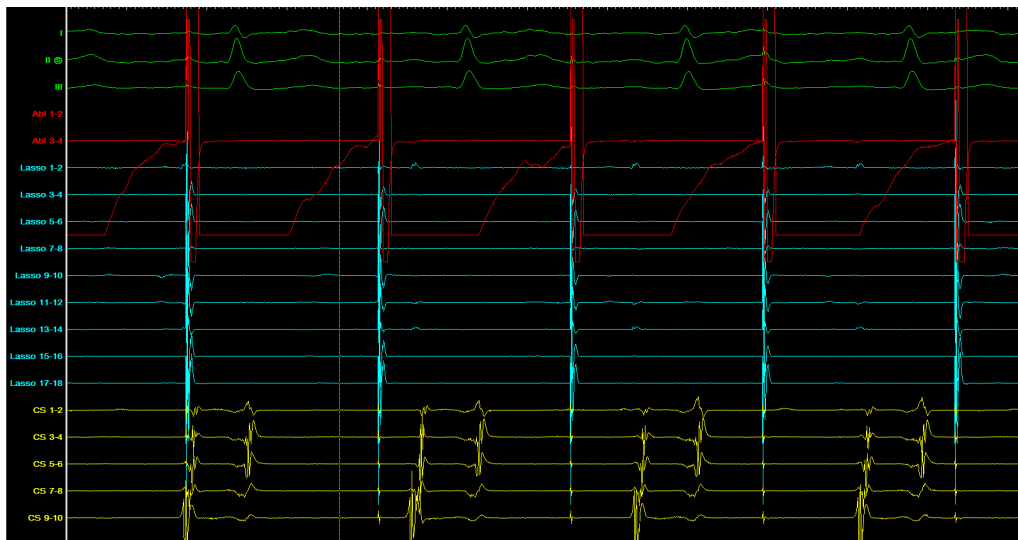


А



Б

**Рисунок 2.** Критерії електричної ізоляції легеневої вени: А – момент зникнення потенціалів у легеневих венах – настання «блокади входу» імпульсу в ЛВ; Б – реєструється ізований потенціал у ЛВ, що свідчить як про блокаду входу в ЛВ, так і про блокаду виходу імпульсу з ЛВ; В – підтвердження блокади виходу імпульсу з ЛВ під час стимуляції з високою амплітудою з ЛВ  
Примітка. ЛВ – легеневі вени.



B

Продовження рисунка 2

з'єднання відбувалось, пацієнту проводили реізоляцію вени, в якій це було виявлено, після чого таймер на контрольний час перезавантажувався й ізоляція легеневих вен оцінювалась повторно (після завершення контрольного часу). Після успішної ізоляції всіх легеневих вен у пацієнтів із зафіксованим типовим тріпотінням передсердь проводили радіочастотну абляцію кавотрикуспідального перешийка – з або без анатомічної реконструкції 3D-анатомії правого передсердя.

#### Групи дослідження

Після виконання подвійної транссептальної пункції та заведення катетерів у ліве передсердя у всіх випадках досліджуваної вибірки була спроба не використовувати рентгеновізуалізацію, максимально орієнтуючись лише на електроанатомічну навігацію, при цьому дотримуючись принципів ALARA (рисунок 3). Тобто флюороскопію періодично використовували тільки для визначення положення електрода відносно інтродюсера, положення самого інтродюсера в лівому передсерді, а також за неможливості поставити катетер у бажану позицію по навігаційній системі. Також за потреби проводили контроль контурів серця для виявлення ознак гемоперикарда. Від перших процедур, під час яких робили спроби мінімізації рентгенопроміння, під час виконання радіочастотної ІЛВ проспективно виділили 3 групи пацієнтів (за умови достатньої їх кількості), які в подальшому пройшли статистичну обробку та порівняльний аналіз (таблиця 1). У першу групу А, або «Zero-fluoro» [n = 16 (37 %)], увійшли пацієнти, в яких вдалося мінімізувати використання рентгенопроміння та досягти мінімального часу використання рентгену на лівопередсердному етапі (картування лівого передсердя та ізоляції легеневих вен) – рентген-час у лівому передсерді становив менше ніж 0,5 хвилини. У другу групу Б, або

«Near Zero-fluoro» [n = 21 (43 %)], увійшли пацієнти, в яких рентген-час у лівому передсерді становив від 0,5 до 5 хвилин. У третю групу В, або «Non Zero-fluoro» [n = 6 (14 %)], – пацієнти, в яких з різних причин не вдалося мінімізувати час використання рентгеноскопії, переважно через анатомічні особливості або постійне зміщення 3D-карти лівого передсердя та легеневих вен, що потребували постійного рентгеноконтролю при маніпуляції катетерами (рисунок 4).

#### Статистичний аналіз

Безперервні змінні виражались як середнє ± стандартне відхилення, а категорійні змінні – у відсотках. Для статистичної обробки отриманих даних були застосовані як параметричні, так і непараметричні методи варіаційної статистики. Нормальний розподіл оцінювали за допомогою тесту Шапіро – Вілка. У разі нормального розподілу для порівняння варіаційних рядів використовували t-тест Стьюдента або U-test

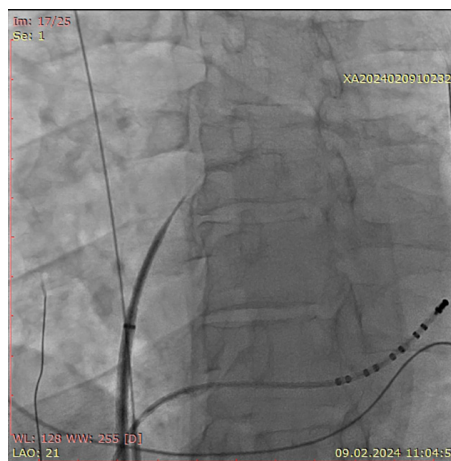


Рисунок 3. Момент транссептальної пункції під рентгеноконтрастним контролем

Таблиця 1

Загальноклінічні та демографічні характеристики хворих

Параметр	«Zero-fluoro» (n = 16)	«Near Zero-fluoro» (n = 21)	«Non Zero-fluoro» (n = 6)	p-value
Вік, років	54,44 ± 9,37	52,86 ± 11,34	51 ± 12,23	0,799
Зріст, см	174,81 ± 8,76	177,29 ± 8,08	179,67 ± 11,78	0,523
Вага, кг	86,75 ± 15,76	91,9 ± 13,85	102,5 ± 21,82	0,173
ППТ, м <sup>2</sup>	2,05 ± 0,22	2,14 ± 0,17	2,18 ± 0,24	0,259
ФВ ЛШ, %	55,94 ± 8,98	58,19 ± 6,41	58,67 ± 5,68	0,456
КДО, мл	137,31 ± 27,29	139,95 ± 38,07	144,5 ± 17,71	0,599
КДІ, мл/м <sup>2</sup>	68,89 ± 13,25	60,49 ± 6,93	65,25 ± 7,18	0,233
Ліве передсердя, мм	43,56 ± 4,03	42,35 ± 4,8	45,67 ± 2,8	0,279
Тиск у правому шлуночку, мм рт. ст.	33,69 ± 3,57	32,53 ± 4,26	35,4 ± 2,88	0,168
ІМТ	29,31 ± 4,33	29,39 ± 5,07	28,4 ± 0,72	0,98
Пароксизмальна фібриляція передсердь, n (%)	11 (73,33 %)	15 (71,43 %)	3 (50 %)	0,548

Примітка. ППТ – площа поверхні тіла, КДО – кінцево-діастолічний об'єм, КДІ – кінцево-діастолічний індекс, ІМТ – індекс маси тіла, ФВ ЛШ – фракція викиду лівого шлуночка.

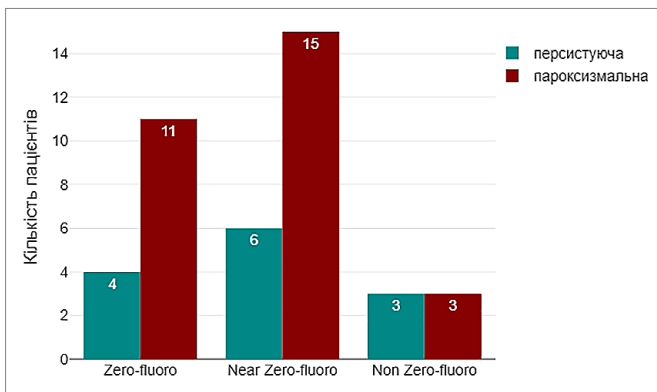


Рисунок 4. Розподіл форм фібриляції передсердь залежно від групи дослідження

Манна – Уїтні (при порівнянні більше 2 груп тест Краскела – Уолліса) в разі невідповідності даних нормальному розподілу. Корекцію для множинних порівнянь проводили за допомогою тесту Бонферроні. Точний критерій Фішера або тест Хі-квадрат Пірсона використовували для порівняння категорійних змінних.

**Результати.** У всіх 43 пацієнтів вдалось електрично ізолювати всі вени. Радіочастотну абляцію кавотрикуспідального перешийка було виконано у 5 (31,2 %) пацієнтів групи А, 7 (33,3 %) з групи Б та в 3 (50 %) з групи В (p = 0,696). Інтраопераційне повторне з'єднання легеневих вен із лівим передсердям спостерігалось в 6 (37,5 %) пацієнтів групи А, в 11 (52,3 %) з групи Б та в 4 (66 %) з групи В (p = 0,429). Рентген-час на транссептальну пункцію не відрізнявся між групами А і Б (3,56 ± 2,37 vs. 3,69 ± 2,3 хв, p = 0,532), однак рентген-час на ізоляцію легеневих вен у групі А

був значно меншим, ніж у групі Б (0,27 ± 0,13 vs. 1,96 ± 1,21 хв, p < 0,001). Загальний час у лівому передсерді між цими двома групами статистично не відрізнявся (81,33 ± 22,32 vs. 98,6 ± 29,83 хв, p = 0,106) (таблиця 2). У групі В («Non Zero-fluoro») час на транссептальну пункцію, рентген-час на ІЛВ та час у лівому передсерді не фіксувались – лише загальне опромінення й час проведення процедури (оскільки значного зменшення рентгенонавантаження технічно досягти не вдалось).

Загальний добуток дози на площу (ДДП) (англ. DAP, Dose Area Product) та загальна доза опромінення (рисунок 5), так само як і загальний час використання рентгену і час процедури (рисунок 6) були значно меншими при застосуванні підходу мінімізації залучення іонізуючого опромінення. ДДП та загальна доза опромінення в групі А була найменшою (7,29 ± 5,16 Гр·см<sup>2</sup>, 76,62 ± 70,82 мГр) та значно відрізнялась від таких показників у групі В (107,67 ± 97,59 Гр·см<sup>2</sup> та 882,32 ± 868,62 мГр, p < 0,001 та p = 0,001 відповідно). Тривалість процедури при цьому в групі А і Б (112,81 ± 30,16 та 138,06 ± 33,44 хв) були меншими, ніж у групі В (167 ± 43,53 хв). У групі А достовірно менше, ніж у групі В (p = 0,014) (див. таблицю 2).

Жодних інтраопераційних ускладнень у досліджуваній вибірці не спостерігалось.

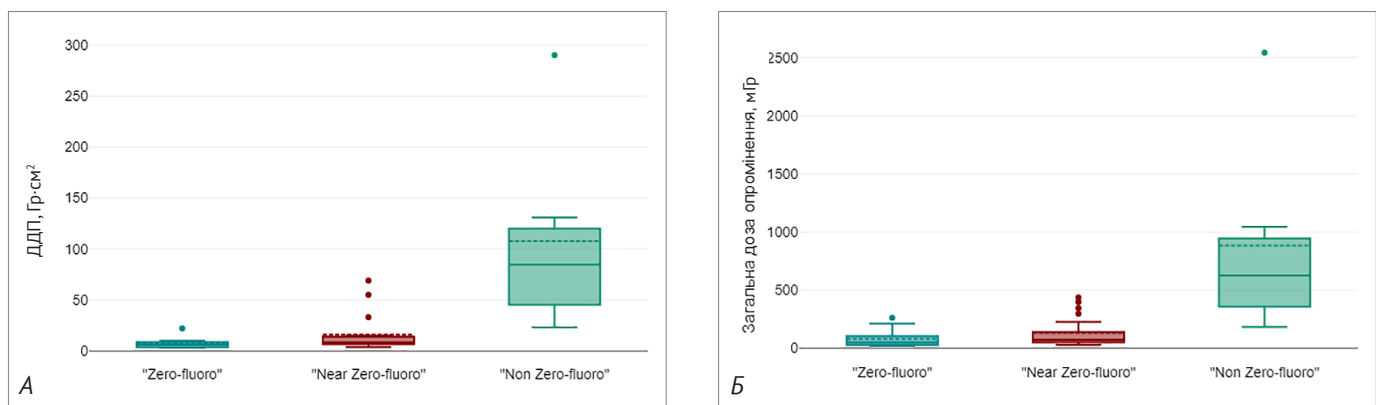
**Обговорення.** Із накопиченням випадків у цьому дослідженні був розроблений та імплементований оптимізований протокол використання рентгеноскопії під час виконання процедури ІЛВ, що передбачав зменшення кількості кадрів з 5 до 3 fps та використання колімаційних рамок (окрім максимального орієнтування на 3D анатомічну навігацію). Подібний підхід показав позитивні клінічні результати у зменшенні

**Таблиця 2**

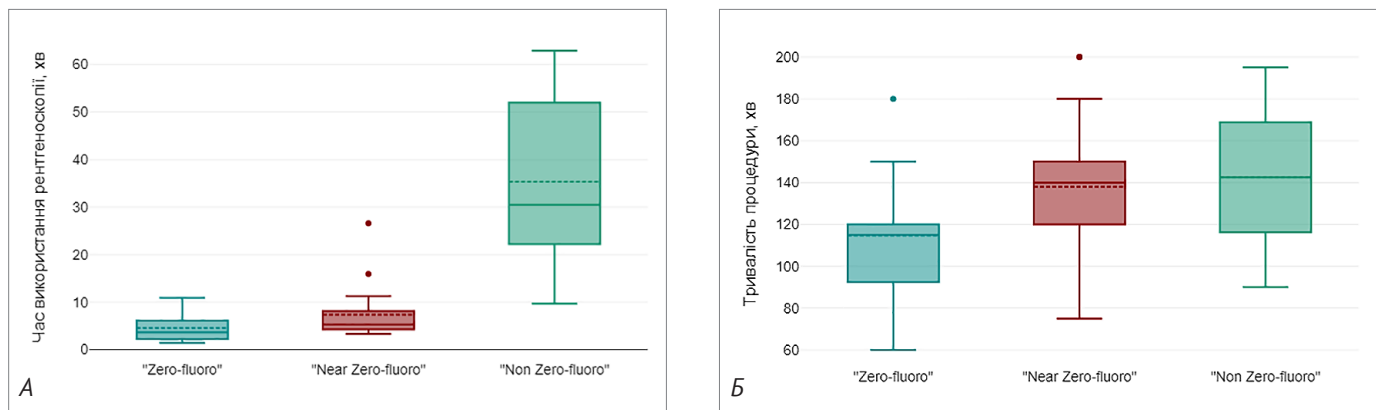
*Інтрапроцедурні виміри часу виконання ізоляції легеневих вен, часу використання та дози рентгенопромінення*

Параметр	«Zero-fluoro» (n = 16)	«Near Zero-fluoro» (n = 21)	«Non Zero-fluoro» (n = 6)	p-value
Рентген-час загальний, хв	4,47 ± 2,72	7,31 ± 5,41	35,36 ± 21	< 0,001
Рентген-час на транссептальну пункцію, хв	3,56 ± 2,37	3,69 ± 2,3	–	0,532
Рентген-час на ізоляцію легеневих вен, хв	0,27 ± 0,13	1,96 ± 1,21	–	< 0,001
Додатковий рентген-час (абляція кавотрикуспі- дального перешийка тощо), n пацієнтів, хв	5 (31 %), 1,6 ± 1,63	8 (38 %) 4,34 ± 5,04	–	0,171
Загальний добуток дози на площу, Гр·см <sup>2</sup>	7,29 ± 5,16	15,8 ± 18,23	107,67 ± 97,59	< 0,001
Загальна доза опромінення, мГр	76,62 ± 70,82	132,53 ± 127,49	882,32 ± 868,62	0,001
Тривалість процедури, хв	112,81 ± 30,16	138,06 ± 33,44	167 ± 43,53	0,014
Час у лівому передсерді, хв	81,33 ± 22,32	98,6 ± 29,83	–	0,106
Інтраопераційне повторне з'єднання легеневих вен	6 (37,5 %)	11 (52,3 %)	4 (66 %)	0,429
РЧА КТП	5 (31,2 %)	7 (33,3 %)	3 (50 %)	0,696

*Примітка.* РЧА КТП – радіочастотна абляція кавотрикуспіального перешийка.



**Рисунок 5.** Загальний ДДП (А) та загальна доза опромінення за процедуру (Б) в трьох досліджуваних групах



**Рисунок 6.** Час використання рентгеноскопії (А) та тривалість процедури (Б) в досліджуваних групах

часу та дози рентгеноопромінення під час проведення електрофізіологічних процедур [19]. У нашому дослідженні можна було виділити 2 досліджуваних підгрупи відносно інтраопераційних налаштувань рентгеноскопії – підгрупа, де застосовували «стандартний» протокол із 5 fps, та «оптимізований» із 3 fps і застосуванням рамок. Оскільки розмір порівняльних підгруп у групах А і Б був невеликим – 9 та 7 пацієнтів у групі А та 12 і 9 пацієнтів у групі Б – достовірного зменшення ДДП та загальної дози опромінення (як і часу використання рентгену на лівопередсердному етапі і загального часу процедури) ми не отримали (таблиця 3). Хоча спостерігалася тенденція до зменшення рентген-часу на лівопередсердний етап у групі А («Zero-fluoro») при «оптимізованому» протоколі використання рентгеноскопії. Однак ця тенденція могла бути пов'язана із набуттям досвіду і навичок операто-

ра у застосуванні підходу мінімізації рентгеноопромінення до того часу, як «оптимізований» протокол був впроваджений (рисунок 7).

У нашому дослідженні в групах із застосуванням підходу мінімізації інтраопераційного залучення іонізуючого опромінення основне рентгенонавантаження припадало на проведення транссептальної пункції. Застосування внутрішньосерцевої ехокардіографії дозволило б проведення цього етапу втручання при катетерній ізоляції легеневи вен без залучення іонізуючого випромінювання (або із зовсім мінімальним його використанням). Лівопередсердний етап ( картування лівого передсердя та ІЛВ) у цих же групах передбачав свідому мінімізацію використання рентгену, але не порушуючи при цьому принципів ALARA, тобто безпека для пацієнта була на першому місці.

Таблиця 3

Інтрапроцедурні виміри часу виконання ізоляції легеневи вен, часу використання та дози рентгеноопромінення при звичайному та оптимізованому протоколах застосування рентгеноскопії в групах А і Б

А «Zero-fluoro»			
Параметр	Звичайний протокол (n = 9)	Оптимізований протокол (n = 7)	p-value
Загальний ДДП, Гр·см <sup>2</sup>	8,7 ± 7,7	6,29 ± 2,56	0,876
Загальне рентгенонавантаження, мГр	92,56 ± 89,8	56,12 ± 30,28	0,918
Час процедури, хв	120,56 ± 28,77	102,86 ± 31,07	0,408
Рентген-час на лівопередсердний етап, хв	0,32 ± 0,12	0,2 ± 0,12	0,071
Б «Near Zero-fluoro»			
Параметр	Звичайний протокол (n = 12)	Оптимізований протокол (n = 9)	p-value
Загальний ДДП, Гр·см <sup>2</sup>	21,24 ± 23,75	10,36 ± 8,7	0,387
Загальне рентгенонавантаження, мГр	144,99 ± 136,39	115,93 ± 120,47	0,554
Час процедури, хв	133 ± 30,84	144,38 ± 37,55	0,315
Рентген-час на лівопередсердний етап, хв	2,03 ± 1,42	1,88 ± 0,92	0,917

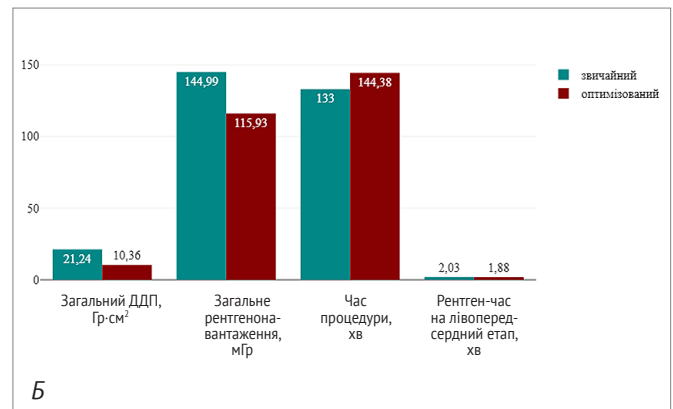
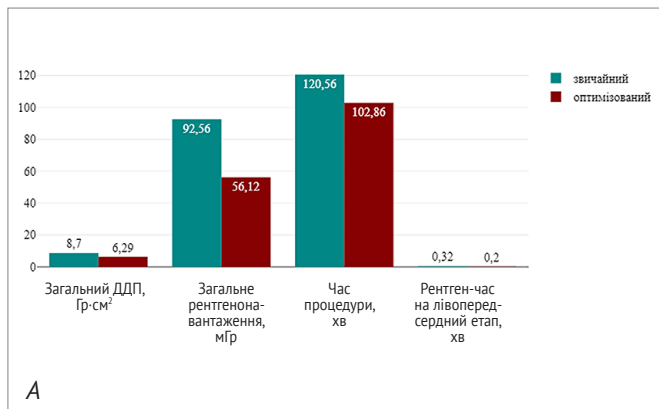


Рисунок 7. Виміри часу виконання ізоляції легеневи вен, часу використання та дози рентгеноопромінення в групі А «Zero-fluoro» (А) та Б «Near Zero-fluoro» (Б)

У контрольній групі (група В), як було вже відзначено, не вдалося мінімізувати рентгенопромінення внаслідок або анатомічних особливостей (що потребували рентгеноконтролю при маніпуляції катетерами) або постійного зміщення 3D-карти лівого передсердя та легеневих вен (через глибоке дихання або зміщення поверхневих електродів від навігаційної системи). Пацієнтам із великим індексом маси тіла та неконтрольованим диханням, можливо, доцільно було б застосувати більш глибоку садацію або в деяких випадках проведення процедури ІЛВ з інтубаційним наркозом, що дало б змогу зменшити рентгенопромінення.

У нашому дослідженні вдалося досягти задовільних результатів (повна електрична ізоляція всіх вен) у всіх випадках досліджуваної вибірки без інтра- та післяопераційних ускладнень і мінімізації рентгенопромінення у 86 % випадків. Віддалені результати в цьому дослідженні не оцінювались, так як час спостереження за більшістю пацієнтами був занадто малим. Оцінювання віддаленіших результатів на більшій кількості пацієнтів із залученням більше ніж одного оператора мають бути проведені.

**Висновки.** Мінімізація рентгенопромінення із застосуванням сучасних навігаційних систем під час виконання катетерної радіочастотної абляції ізоляції легеневих вен не пов'язана зі збільшенням інтрапроцедурних ускладнень у пацієнтів із пароксизмальною та персистуючою фібриляцією передсердь. Цей підхід дає змогу значно зменшити загальний ДДП та дозу опромінення, не збільшуючи час виконання процедури ІЛВ. Застосування внутрішньосерцевої ехокардіографії в комбінації із системами навігації може потенційно виключити необхідність використання іонізуючого випромінювання під час катетерного лікування фібриляції передсердь.

**Конфлікт інтересів.** Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

### Список використаних джерел

#### References

1. Lippi G, Sanchis-Gomar F, Cervellin G. Global epidemiology of atrial fibrillation: An increasing epidemic and public health challenge. *Int J Stroke*. 2021;16(2):217-221. <https://doi.org/10.1177/1747493019897870>
2. Tzeis S, Gerstenfeld EP, Kalman J, Saad EB, Sepelhi Shamloo A, Andrade JG, et al. 2024 European Heart Rhythm Association/Heart Rhythm Society/Asia Pacific Heart Rhythm Society/Latin American Heart Rhythm Society expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation. *Europace*. 2024 Mar 30;26(4):euae043. <https://doi.org/10.1093/europace/euae043>
3. Joglar JA, Chung MK, Armbruster AL, Benjamin EJ, Chyou JY, Cronin EM, et al.; Peer Review Committee Members. 2023 ACC/AHA/ACCP/HRS Guideline for

- the Diagnosis and Management of Atrial Fibrillation: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2024;149(1):e1-e156. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001193>
4. Preda A, Bonvicini E, Coradello E, Testoni A, Gigli L, Baroni M, et al. The Fluoroless Future in Electrophysiology: A State-of-the-Art Review. *Diagnostics (Basel)*. 2024 Jan 14;14(2):182. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14020182>
5. Sommer P, Sciacca V, Anselmino M, Tilz R, Bourrier F, Lehrmann H, et al. Practical guidance to reduce radiation exposure in electrophysiology applying ultra low-dose protocols: a European Heart Rhythm Association review. *Europace*. 2023 Jul 4;25(7):euad191. <https://doi.org/10.1093/europace/euad191>
6. Gutierrez-Barríos A, Cañadas-Pruaño D, Noval-Morillas I, Gheorghe L, Zayas-Rueda R, Calle-Perez G. Radiation protection for the interventional cardiologist: Practical approach and innovations. *World J Cardiol*. 2022;14(1):1-12. <https://doi.org/10.4330/wjc.v14.i1.1>
7. Sugrue A, Le KY, Dearani P, Asirvatham SJ. Minimizing Radiation-Why Aren't We Down to Zero? *J Innov Card Rhythm Manag*. 2018;9(8):3271-3273. <https://doi.org/10.19102/icrm.2018.090807>
8. Rogers AJ, Brodt CR. Minimizing Radiation in the Modern Electrophysiology Laboratory. *J Innov Card Rhythm Manag*. 2018;9(8):3265-3270. <https://doi.org/10.19102/icrm.2018.090805>
9. Estner HL, Deisenhofer I, Luik A, Ndrepepa G, von Bary C, Zrenner B, et al. Electrical isolation of pulmonary veins in patients with atrial fibrillation: reduction of fluoroscopy exposure and procedure duration by the use of a non-fluoroscopic navigation system (NavX). *Europace*. 2006;8(8):583-587. <https://doi.org/10.1093/europace/eul079>
10. Tahin T, Riba A, Nemeth B, Arvai F, Lupkovics G, Szeplaki G, et al. Implementation of a zero fluoroscopic workflow using a simplified intracardiac echocardiography guided method for catheter ablation of atrial fibrillation, including repeat procedures. *BMC Cardiovasc Disord*. 2021 Aug 26;21(1):407. <https://doi.org/10.1186/s12872-021-02219-8>
11. Zhang G, Cheng L, Liang Z, Zhang J, Dong R, Hang F, et al. Zero-fluoroscopy transseptal puncture guided by right atrial electroanatomical mapping combined with intracardiac echocardiography: A single-center experience. *Clin Cardiol*. 2020;43(9):1009-1016. <https://doi.org/10.1002/clc.23401>
12. Hang F, Cheng L, Liang Z, Dong R, Wang X, Wang Z, et al. Study on the Curative Effect and Safety of Radiofrequency Catheter Ablation of Paroxysmal Atrial Fibrillation via Zero-Fluoroscopy Transseptal Puncture under the Dual Guidance of Electroanatomical Mapping and Intracardiac Echocardiography. *Cardiol Res Pract*. 2021 May 24;2021:5561574. <https://doi.org/10.1155/2021/5561574>
13. Huang HD, Abid QU, Ravi V, Sharma P, Larsen T, Krishnan K, et al. Meta-analysis of pulmonary vein isolation ablation for atrial fibrillation conventional vs low- and zero-



- fluoroscopy approaches. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2020;31(6):1403-1412. <https://doi.org/10.1111/jce.14450>
14. Zei PC, Quadros KK, Clopton P, Thosani A, Ferguson J, Brodt C, et al. Safety and Efficacy of Minimal- versus Zero-fluoroscopy Radiofrequency Catheter Ablation for Atrial Fibrillation: A Multicenter, Prospective Study. *J Innov Card Rhythm Manag.* 2020;11(11):4281-4291. <https://doi.org/10.19102/icrm.2020.111105>
  15. Debreceni D, Janosi K, Bocz B, Turcsan M, Lukacs R, Simor T, et al. Zero fluoroscopy catheter ablation for atrial fibrillation: a systematic review and meta-analysis. *Front Cardiovasc Med.* 2023 Jun 16;10:1178783. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1178783>
  16. Jan M, Žižek D, Kuhelj D, Lakič N, Prolič Kalinšek T, Štublar J, et al. Combined use of electro-anatomic mapping system and intracardiac echocardiography to achieve zero-fluoroscopy catheter ablation for treatment of paroxysmal atrial fibrillation: a single centre experience. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2020;36(3):415-422. <https://doi.org/10.1007/s10554-019-01727-1>
  17. Bulava A, Hanis J, Eisenberger M. Catheter Ablation of Atrial Fibrillation Using Zero-Fluoroscopy Technique: A Randomized Trial. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2015;38(7):797-806. <https://doi.org/10.1111/pace.12634>
  18. Kottmaier M, Popa M, Bourier F, Reents T, Cifuentes J, Semmler V, et al. Safety and outcome of very high-power short-duration ablation using 70 W for pulmonary vein isolation in patients with paroxysmal atrial fibrillation. *Europace.* 2020;22(3):388-393. <https://doi.org/10.1093/europace/euz342>
  19. Ali M, Padmanabhan D, Kanjwal K, Ghadei MK, Kottayan A, Banavalikar B, Shenthari J. Effect of fluoroscopy frame rate on radiation exposure and in-hospital outcomes in three-dimensional electroanatomic mapping guided procedures. *J Arrhythm.* 2021;37(1):97-102. <https://doi.org/10.1002/joa3.12496>

## Minimizing Exposure to Ionizing Radiation in Catheter-Based Treatment of Atrial Fibrillation: Safety and Efficacy

Eugene O. Perepeka<sup>1</sup>, Borys B. Kravchuk<sup>1</sup>, Maryna M. Sychyk<sup>1,2</sup>, Svitlana L. Mykolaichuk<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Amosov Institute of Cardiovascular Surgery of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

**Abstract.** Pulmonary vein isolation using radiofrequency ablation is the most common method of catheter treatment for atrial fibrillation. Performing this procedure involves the use of X-ray radiation, which at certain stages of the procedure is an indispensable method for navigation and visualization of intracardiac structures. Approaches to minimize X-ray exposure during catheter interventions are attracting increased attention of the electrophysiology community due to the potential risks of adverse effects of ionizing radiation on patients and medical personnel.

**The aim.** To evaluate the effectiveness and safety of performing the pulmonary vein isolation procedure with the intention to minimize X-ray exposure of patients and medical personnel.

**Materials and methods.** Forty-three patients with various forms of atrial fibrillation were selected for the study: 28 (65%) with paroxysmal and 15 (35%) with persistent forms. All the patients underwent pulmonary vein isolation using catheter radiofrequency ablation with the intention to minimize X-ray exposure at the National Amosov Institute of Cardiovascular Surgery in the period from June 2023 to April 2024.

**Results.** In all 43 patients it was possible to electrically isolate all the veins. Catheter ablation of the cavotricuspid isthmus was performed in 5 (31.2%) patients from group A ("Zero-fluoro"), 7 (33.3%) from group B ("Near Zero-fluoro") and 3 (50%) from group C ("Non Zero-fluoro") ( $p = 0.696$ ). Intraoperative reconnection of the pulmonary veins with the left atrium was observed in 6 (37.5%) patients of group A, 11 (52.3%) of group B, and 4 (66%) of group C ( $p = 0.429$ ). X-ray time for transeptal puncture did not differ between groups A and B ( $3.56 \pm 2.37$  vs.  $3.69 \pm 2.3$  min.,  $p = 0.532$ ), however, X-ray time for pulmonary vein isolation in group A was significantly less than that in group B ( $0.27 \pm 0.13$  vs.  $1.96 \pm 1.21$  min.,  $p < 0.001$ ). The total time in the left atrium was not statistically different between these two groups ( $81.33 \pm 22.32$  vs.  $98.6 \pm 29.83$  min.,  $p = 0.106$ ). In group C ("Non Zero-fluoro"), the aforementioned parameters were not recorded. Total dose area product (DAP) and total radiation dose, as well as total X-ray time and total procedure time, were significantly lower when using the ionizing exposure minimization approach. DAP and total radiation dose in group A were the lowest ( $7.29 \pm 5.16$  Gy/cm<sup>2</sup> and  $76.62 \pm 70.82$  mGy, respectively) and significantly differed from those in group C ( $107.67 \pm 97.59$  Gy/cm<sup>2</sup> and  $882.32 \pm 868.62$  mGy,  $p < 0.001$  and  $p = 0.001$ , respectively). No intraoperative complications were observed in the studied sample.

**Conclusions.** Minimizing X-ray exposure using modern navigation systems during pulmonary vein isolation using catheter radiofrequency ablation is not associated with increased intraprocedural complications in patients with paroxysmal and persistent atrial fibrillation. This approach allows you to significantly lower total DAP and the radiation dose without increasing the time of performing the pulmonary vein isolation procedure.

**Keywords:** catheter ablation, navigation system, transeptal puncture, atrial flutter, fluoroscopy.

Стаття надійшла в редакцію / Received: 07.05.2024

Після доопрацювання / Revised: 27.05.2024

Прийнято до друку / Accepted: 17.06.2024