

[https://doi.org/10.30702/ujcvts/23.31\(04\)/Per058-7985](https://doi.org/10.30702/ujcvts/23.31(04)/Per058-7985)
УДК 612.172:616.126-073

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

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

Візуалізація часу активації ендокарда лівого шлуночка при стимуляції провідної системи серця

Резюме

Вступ. Правошлуночкова міокардіальна стимуляція призводить до асинхронного скорочення лівого шлуночка та може погіршувати його скоротливу здатність з часом. Стимуляція провідної системи серця забезпечує більш фізіологічну активацію шлуночків.

Мета – візуалізувати на активаційній карті ендокарда лівого шлуночка патерн поширення електричного фронту при стимуляції провідної системи серця та міокардіальній правошлуночкової стимуляції.

Матеріали та методи. У двох пацієнтів із стимуляцією провідної системи серця, що були прооперовані в НІССХ ім. М. М. Амосова, було виконано активаційне картування лівого шлуночка на різних варіантах кардіостимуляції із застосуванням навігаційної системи EnSite Precision™. Один пацієнт із повним атріо-вентрикулярним блоком був із неселективною стимуляцією пучка Гіса. Другий пацієнт – з дилатаційною кардіоміопатією та показаннями до серцевої ресинхронізаційної терапії і абляції атріовентрикулярного з'єднання з приводу хронічної тахіформи фібриляції передсердь. Після невдалої спроби встановлення лівошлуночкового електрода для коронарного синуса була виконана імплантація електрода для стимуляції лівої ніжки пучка Гіса. У двох пацієнтів було застосовано активаційне картування ендокарда лівого шлуночка на двох варіантах кардіостимуляції – правошлуночкової міокардіальній стимуляції та стимуляції провідної системи серця.

Результати. Загальний час активації ендокарда лівого шлуночка (АЕЛШ) значно відрізнявся у двох досліджуваних пацієнтів на різних варіантах кардіостимуляції. У пацієнта із неселективною стимуляцією пучка Гіса загальний час АЕЛШ становив 43 мс (ширина QRS 126 мс, інтервал від стимулу до піка R-хвилі у відведенні V6 – 78 мс). При переході до міокардіальної правошлуночкової стимуляції шляхом зменшення амплітуди стимуляції загальний час АЕЛШ подовжився до 90 мс (ширина QRS 165 мс, інтервал від стимулу до піка R-хвилі у відведенні V6 – 117 мс). У пацієнта із стимуляцією лівої ніжки пучка Гіса загальний час АЕЛШ становив 51 мс (ширина QRS 160 мс, інтервал від стимулу до піка R-хвилі у відведенні V6 – 66 мс). Із переключенням на винятково правошлуночкову стимуляцію загальний час АЕЛШ подовжився до 93 мс (ширина стимульованого QRS – 180 мс, інтервал від стимулу до піка R-хвилі у відведенні V6 не вимірювався, так як у відведенні V6 не реєструвалась R-хвиля). Патерн активації ендокарда лівого шлуночка у другого пацієнта значно відрізнявся від такого на міокардіальній септальній стимуляції у першого, оскільки правошлуночковий електрод був розташований ближче до верхівки.

Висновки. Стимуляція провідної системи серця забезпечує більш швидку порівняно з правошлуночковою стимуляцією активацію лівого шлуночка. Ця методика може потенційно стати більш фізіологічною альтернативою правошлуночкової стимуляції.

Ключові слова: кардіостимулятор, атріовентрикулярний блок, стимуляція пучка Гіса, стимуляція лівої ніжки пучка Гіса, навігаційна система.

Вступ. За останні декілька років центр уваги в світі кардіостимуляції змістився від правошлуночкової міокардіальної стимуляції (ПШС) і бівентрику-

лярної стимуляції до нових методів кардіостимуляції, що наближаються до фізіологічної електричної активації серця [1, 2, 3]. Найбільш фізіологічним підходом до кардіостимуляції є застосування безпосередньої стимуляції провідної системи серця, а саме пучка Гіса, так як ця структура передбачає швидку провідність по всій системі Гіса – Пуркін'є, що при-

зводить до фізіологічної активації шлуночків [4]. Віднедавна з'явилась альтернатива стимуляції пучка Гіса (СПГ) – стимуляція лівої ніжки пучка Гіса (СЛНПГ) [5]. Методика має низку переваг над СПГ: нижчі пороги стимуляції, менша кількість епізодів порушення чутливості (шлуночкового гіпосенсингу та передсердного гіперсенсингу), менша кількість дислокацій ендокардіального електрода. При цьому використання її зберігає фізіологічну активацію лівого шлуночка через пряме залучення лівої ніжки пучка Гіса як частини системи Гіса – Пуркін'є [6]. Ще однією перевагою СЛНПГ є те, що за неможливості досягти захоплення лівої ніжки пучка Гіса залишається глибока септальна стимуляція лівого шлуночка, що може бути запропонована як гідна альтернатива, що також призводить до більш фізіологічної активації шлуночків, ніж при ПШС [7, 8].

Розрізняють дві форми стимуляції провідної системи серця залежно від того, чи залучає така стимуляція захоплення навколишнього міокарда міжшлуночкової перегородки (неселективна стимуляція пучка Гіса або лівої ніжки), чи активується система Гіса – Пуркін'є вибірково (селективна стимуляція пучка Гіса або лівої ніжки) [9].

Від недавнього часу ведуться активні дискусії щодо вибору оптимальної стратегії стимуляції, базуючись на різних варіантах інвазивного та неінвазивного активаційного картування лівого шлуночка [10, 11, 12, 13].

Мета – дослідити електричну активацію лівого шлуночка при СПГ та СЛНПГ порівняно з правошлуночковою міокардіальною стимуляцією, а саме візуалізувати на активаційній карті ендокарда лівого шлуночка патерн поширення електричного фронту на вказаних варіантах кардіостимуляції.

Матеріали та методи. У двох пацієнтів зі стимуляцією провідної системи серця, що були прооперовані в НІССХ ім. М. М. Амосова з 2022 по 2023 рік, було застосовано активаційне картування лівого шлуночка на різних варіантах кардіостимуляції із використанням навігаційної системи EnSite Precision™ (Abbott, США). Один пацієнт із повною атріовентрикулярною блокадою був із неселективною стимуляцією пучка Гіса (НССПГ). Другий пацієнт – із дилатаційною кардіоміопатією та показаннями до серцевої ресинхронізаційної терапії після абляції атріовентрикулярного з'єднання у зв'язку з хронічною тахіформою фібриляції передсердь. Була проведена невдала спроба встановлення лівошлуночкового електрода через коронарний синус, після чого застосовано СЛНПГ. В обох пацієнтів застосували активаційне картування ендокарда лівого шлуночка на двох варіантах кардіостимуляції – на правошлуночкової міокардіальній стимуляції та на стимуляції провідної системи серця (СПСС).

Інвазивне картування. Процедуру картування проводили в електрофізіологічній рентгеноопераційній, де перед втручанням до пацієнтів під'єднували 12 стандартних відведень електрокардіограми (ЕКГ) від електрофізіологічної станції ProLab (Boston Scientific, США) для електрокардіографічних вимірів та реєстрації внутрішньосерцевих ендограм з порожнини лівого шлуночка. Також до пацієнтів був під'єднаний набір поверхневих електродів від навігаційної системи для подальшого інвазивного картування. Можливість заведення діагностичного катетера в лівий шлуночок забезпечувалася встановленням клапанного інтрод'юсера розміром 7F через пункцію a. femoralis dex. Обом пацієнтам проводили електроанатомічну реконструкцію лівого шлуночка за допомогою навігаційної системи EnSite Precision™ (Abbott, США) для оцінювання просторового поширення збудження в ендокарді лівого шлуночка при різних варіантах кардіостимуляції. Після заведення діагностичного електрода в порожнину лівого шлуночка трансортальним доступом виконували валідацію, дихальну компенсацію та обирали системну референцію для побудови 3-D анатомічної карти (діагностичний десятиполюсний електрод для коронарного синуса як референт не використовувався). Після створення анатомічної реконструкції порожнини лівого шлуночка й аорти був увімкнений набір точок локальної активації, що згодом при завершенні картування відображали поширення електричного фронту в досліджуваній камері серця. Відбувалось поетапне картування базальних, перегородкових верхівкових та передньолатеральних сегментів лівого шлуночка. Залежно від тривалості інтервалу від зареєстрованої точки активації до референтного показника визначалась кольорова інтерполяція. Кінцевий результат картування передбачав два варіанти активаційної карти для кожного пацієнта – активаційна карта поширення електричного фронту на стимуляції провідної системи серця і на правошлуночкової стимуляції. Рамки кольорової репрезентації поширення електричного фронту на кардіостимуляції встановлювались таким чином, щоб найбільш рання зона активації відображалась білим кольором, і далі – від червоного до фіолетового кольору, що відображало ділянку, яка активувалась найпізніше. Розподіл кольорів мав бути рівномірним – у такий спосіб межі рамок представляли загальний час активації ендокарда лівого шлуночка в мілісекундах.

Електрокардіографічні виміри. Досліджуваним пацієнтам проводили електрокардіографічні виміри за даними 12-канальної ЕКГ. Вимірювали ширину стимульованого QRS-комплексу на СПСС – на неселективній стимуляції пучка Гіса або на стимуляції лівої ніжки пучка Гіса. Також вимірювали ширину стимульованого QRS-комплексу на правошлуночкової стимуляції. Фіксували інтервал від стимулу до пі-

ка R-хвилі у відведенні V6, що представляв час, який корелював з часом електричної активації лівого шлуночка. При стимуляції СЛНПГ вимірювали різницю інтервалів між стимулом і піком R-хвилі у відведеннях V1 та V6 [14].

Режими кардіостимуляції. У двох досліджуваних пацієнтів не спостерігалось замісного ритму без штучного ритмоведення. Амплітуду стимуляції у пацієнта із неселективною стимуляцією пучка Гіса вибирали таким чином, щоб забезпечити або захоплення провідної системи серця, або при зменшенні амплітуди стимуляції тільки захоплення міокарда перегородки правого шлуночка. У пацієнта з імплантованим CRT-p, режим шлуночкової стимуляції переключався виключно між електродом для СЛНПГ, що був підключений у порт для лівошлуночкового електрода та правошлуночковим електродом, що розміщувався в передньопергородковій зоні (ближче до верхівки).

Коронарографія. Якщо на момент імплантації штучного водія ритму серця не була виконана коронарографія – інтраопераційно, після картування лівого шлуночка через інтрод'юсер в а. femoralis dex., виконували ангіографію вінцевих артерій у всіх стандартних проекціях. Фактично коронарографію під час інвазивного картування було виконано тільки пацієнту із повною атріовентрикулярною блокадою та неселективною стимуляцією пучка Гіса.

Результати. Інвазивне електрофізіологічне дослідження було проведено двом пацієнтам віком 74 роки (чоловік, фракція викиду лівого шлуночка – 58 %, кінцево-діастолічний об'єм (КДО) лівого шлуночка – 122 мл, кінцево-діастолічний індекс (КДІ) – 64,2 мл/м², серцева недостатність I функціонального класу (ФК) за NYHA) та 41 рік (чоловік, фракція викиду лівого шлуночка – 37 %, КДО лівого шлуночка – 185 мл, КДІ – 71,98 мл/м², серцева недостатність II ФК за NYHA) (таблиця 1). Обидва пацієнти були стимулятор-залежними (не спостерігалось замісного ритму по шлуночкам) та мали два можливих варіанти шлуночкової кардіостимуляції – правошлуночкова міокардіальна стимуляція та СПСС (один пацієнт з неселективною стимуляцією пучка Гіса, інший – зі стимуляцією лівої ніжки пучка Гіса).

Ширина QRS-комплексу в досліджуваних пацієнтів на ПШС та СПСС становила 166 та 180 мс (ПШС) та 126 та 160 мс (СПСС) відповідно. Різниця інтервалів між стимулом і піком R-хвилі у відведеннях V1 та V6 була 55 мс у пацієнта з СЛНПГ, що свідчило про достовірне захоплення провідної системи серця. Інтервал від стимулу до піка R-хвилі у відведенні V6 (що свідчить про час електричної активації лівого шлуночка) становив 78 мс у пацієнта з НССПГ та 66 мс у пацієнта з СЛНПГ (таблиця 2). При переключенні на ПШС цей показник значно зростав у пацієнта з НССПГ – 117 мс. У пацієнта із СЛНПГ R-хвиля на ПШС у відведенні V6 не

Таблиця 1

Загальноклінічні характеристики пацієнтів

Параметр	Пацієнт 1	Пацієнт 2
Вік, років	74	41
Стать	Чоловіча	Чоловіча
Діагноз	ПАВБ	ДКМП. Стан після абляції атріовентрикулярного вузла
Власний ритм	Немає	Немає
Ішемічна хвороба серця	Звуження до 70 % за даними коронарографії	Немає
Серцева недостатність, ФК за NYHA	I	II
Фібриляція передсердь	Пароксизмальна форма	Хронічна фібриляція передсердь
Фракція викиду лівого шлуночка, %	58	37
КДО лівого шлуночка, мл	122	185
КДІ, мл/м ²	64,2	71,98

Примітка. ПАВБ – повна атріовентрикулярна блокада, ДКМП – дилатаційна кардіоміопатія.

реєструвалась. Згідно з даними інвазивного активаційного картування, загальний час активації ендокарда лівого шлуночка (АЕЛШ) також значно зростав при переключенні із СПСС на ПШС в обох пацієнтів: з 43 до 90 мс – у першого (рисунки 1 та 2) та з 51 мс до 93 мс – у другого пацієнта (рисунки 3, 4 та 5). Патерн активації лівого шлуночка відрізнявся на двох варіантах кардіостимуляції у досліджуваних пацієнтів. На СПСС поширення електричного фронту відбувалося від перегородки до латеральної стінки лівого шлуночка. На правошлуночкової стимуляції у першого пацієнта поширення електричного фронту відбувалося від базальних відділів до передньобочкової ділянки лівого шлуночка; у другого пацієнта, через позицію правошлуночкового електрода ближче до верхівки правого шлуночка, електрична активація лівого шлуночка відбувалась у зворотному напрямку – від верхівки до базальних відділів.

Обговорення. Стимуляція провідної системи серця змінила парадигму фізіологічної кардіостимуляції за останнє десятиріччя. Достовірно відомо, що правошлуночкова стимуляція (як верхівкова, так і альтернативні варіанти – септальна тощо) пов'язана з потенційними ризиками розвитку негативних клінічних наслідків, серед яких ремоделювання камер серця та розвиток стимуляційно-індукованої кардіоміопатії [15, 16, 17]. Відповідь на питання щодо того, яка кардіостимуляція краще – правошлуночкова або

Таблиця 2

Електрофізіологічні та електрокардіографічні характеристики пацієнтів, що підлягали інвазивному картуванню лівого шлуночка

Параметр	Пацієнт 1	Пацієнт 2
Варіант СПСС	НССПГ	СЛНПГ
Ширина QRS на ПШС, мс	166	180
Ширина QRS на СПСС, мс	126	160
Інтервал від стимулу до піка R-хвилі у V6 на ПШС, мс	117	R-хвиля не реєструється
Інтервал від стимулу до піка R-хвилі у V6 на СПСС, мс	78	66
Загальний час АЕЛШ на ПШС, мс	90	93
Загальний час АЕЛШ на СПСС, мс	43	51
Патерн активації на ПШС	Від базальних відділів до верхівки	Від верхівки до базальних відділів
Патерн активації на СПСС	Від перегородки до латеральної стінки	Від перегородки до латеральної стінки

стимуляція провідної системи серця вже наведена у великих порівняльних аналізах [1, 2], а також у нашому невеликому дослідженні [18]. Відбуваються активні дискусії з приводу того, які варіанти стимуляції провідної системи є найбільш оптимальними [3, 6].

У двох досліджуваних нами пацієнтів спостерігалися відмінності в тривалості QRS-комплексу на різних варіантах стимуляції провідної системи серця. Зокре-

ма у пацієнта із СЛНПГ можна було відзначити значно більшу тривалість QRS порівняно з пацієнтом з НССПГ. Типовий патерн блокади правої ніжки пучка Гіса при СЛНПГ (найчастіше за типом Qr або qR у відведенні V1) значно подовжував загальну ширину QRS-комплексу, але при цьому не впливав на загальний час АЕЛШ. При цьому інтервал від стимулу до піка R-хвилі у відведенні V6 був навіть менший при стимуляції лівої ніжки пучка Гіса, ніж при НССПГ. Потрібно відзначити, що у двох досліджуваних пацієнтів була нав'язана саме неселективна стимуляція провідної системи серця (СЛНПГ та СПГ) – тобто одночасно із захопленням провідної системи серця відбувалася деполяризація невеликого сегмента міокарда міжшлуночкової перегородки. Тривалість активації міокарда перегородки дорівнювала часу проходження електричного імпульсу від пучка Гіса до шлуночків (у пацієнта з НССПГ) або від лівої ніжки пучка Гіса (або її гілки) до шлуночків (у випадку СЛНПГ). Водночас деполяризація невеликого сегмента міжшлуночкової перегородки не подовжувала загальний час активації ендокарда лівого шлуночка, а також не спотворювала фізіологічний патерн активації лівого шлуночка при СПСС.

У цьому дослідженні ми проводили картування тільки лівого шлуночка з кількох причин. Перша – це наявність електродів у правих відділах серця, з якими ми уникали будь-яких взаємодій для запобігання дислокації. Друга причина – це переконаність у тому, що саме лівий шлуночок і синхронність його активації та скорочення несе основний вклад у подальше збереження систолічної функції.

Залишається відкритим питання довготривалого впливу міжшлуночкової механічної асинхронії при СЛНПГ, а саме відставання скорочення правого шлу-

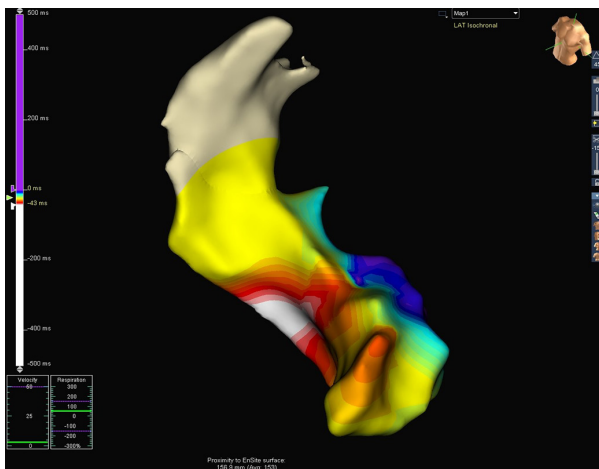


Рисунок 1. Карта активації ендокарда лівого шлуночка та електрокардіографічні виміри при неселективній стимуляції пучка Гіса. Загальний час АЕЛШ становив 43 мс (ширина QRS 126 мс, інтервал від стимулу до піка R-хвилі у відведенні V6 – 78 мс)

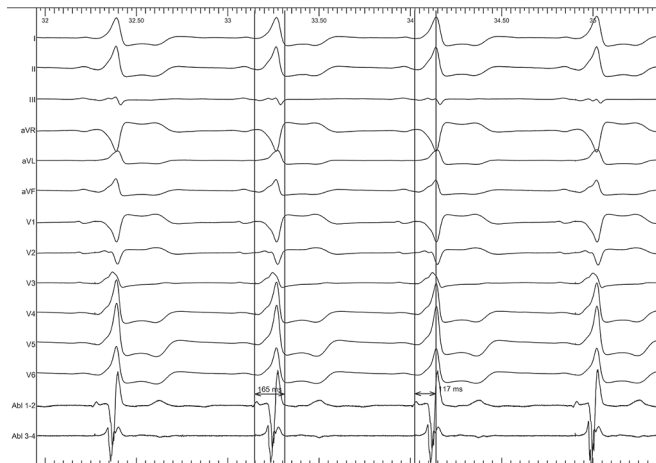
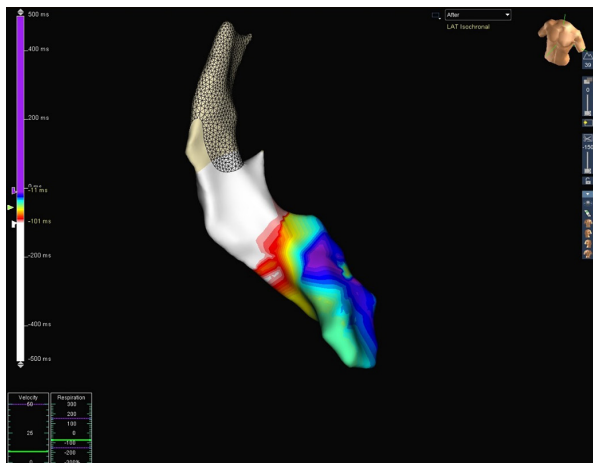


Рисунок 2. Карта активації ендокарда лівого шлуночка та електрокардіографічні виміри при септальній правошлуночкової кардіостимуляції. Загальний час АЕЛШ становив 90 мс (ширина QRS 166 мс, інтервал від стимулу до піка R-хвилі у відведенні V6 – 117 мс)

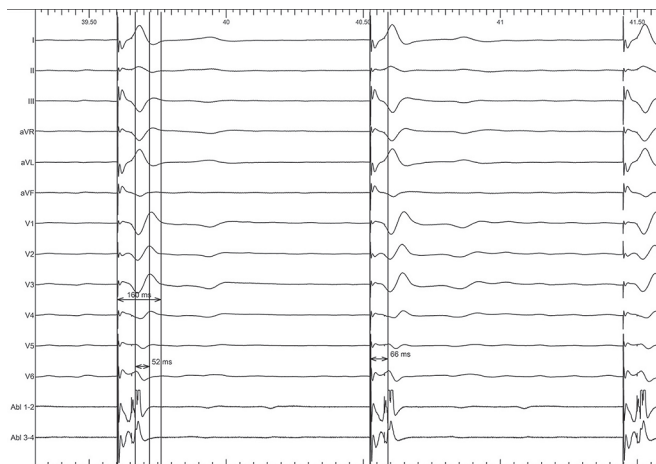
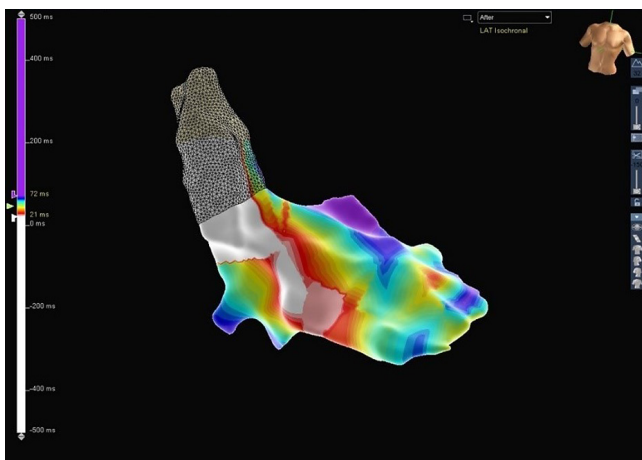


Рисунок 3. Карта активації ендокарда лівого шлуночка та електрокардіографічні виміри при стимуляції лівої ніжки пучка Гіса. Загальний час АЕЛШ становив 51 мс (ширина QRS 160 мс, інтервал від стимулу до піка R-хвилі у відведенні V6 – 66 мс). Різниця інтервалів між стимулом і піком R-хвилі у відведеннях V1 та V6 була 55 мс

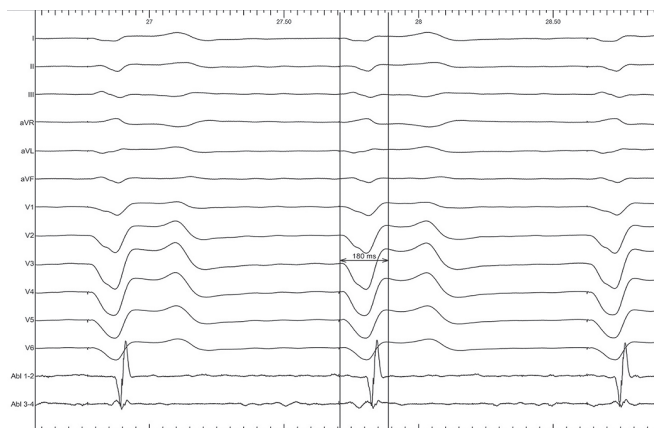
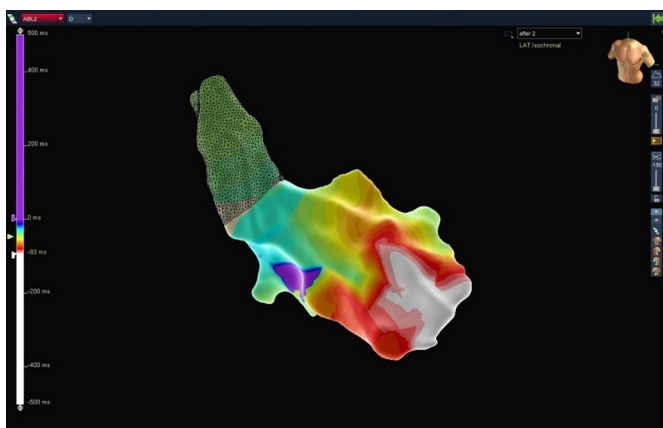


Рисунок 4. Карта активації ендокарда лівого шлуночка та електрокардіографічні виміри при неселективній стимуляції пучка Гіса. Загальний час АЕЛШ становив 93 мс (ширина QRS 180 мс). R-хвиля у відведенні V6 не реєструється

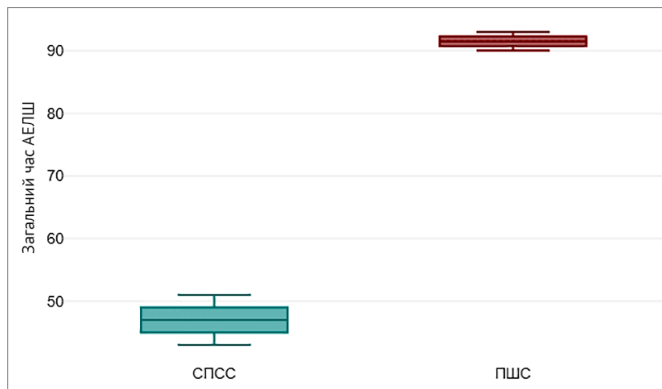


Рисунок 5. Загальний час активації ендокарда лівого шлуночка у двох досліджуваних пацієнтів, які перебували на стимуляції провідної системи серця та правошлуночкової міокардіальній стимуляції

ночка від лівого. Наразі дані світової літератури, що свідчили б про клінічну значущість такої асинхронії, обмежені.

Висновки. У нашому дослідженні ми знайшли підтвердження тому, що різні варіанти стимуляції провідної системи серця – як стимуляції пучка Гіса, так і стимуляції лівої ніжки пучка Гіса – зберігають фізіологічний патерн активації лівого шлуночка та значно зменшують загальний час електричної активації ендокарда лівого шлуночка порівняно із правошлуночковою стимуляцією. Стимуляція провідної системи серця забезпечує швидку активацію лівого шлуночка та може стати більш фізіологічною альтернативою правошлуночкової стимуляції.

Список використаних джерел

References

1. Abdelrahman M, Subzposh FA, Beer D, Durr B, Naperkowski A, Sun H, et al. Clinical Outcomes of His Bundle Pacing Compared to Right Ventricular Pacing. *J Am Coll Cardiol.* 2018;71(20):2319-2330. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.02.048>
2. Sharma PS, Patel NR, Ravi V, Zalavadia DV, Dommaraju S, Garg V, et al. Clinical outcomes of left bundle branch area pacing compared to right ventricular pacing: Results from the Geisinger-Rush Conduction System Pacing Registry. *Heart Rhythm.* 2022;19(1):3-11. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2021.08.033>
3. Vijayaraman P, Chelu MG, Curila K, Dandamudi G, Herweg B, Mori S, et al. Cardiac Conduction System Pacing: A Comprehensive Update. *JACC Clin Electrophysiol.* 2023;9(11):2358-2387. <https://doi.org/10.1016/j.jacep.2023.06.005>
4. Deshmukh P, Casavant DA, Romanyshyn M, Anderson K. Permanent, Direct His-Bundle Pacing: A Novel Approach to Cardiac Pacing in Patients With Normal His-Purkinje Activation. *Circulation.* 2000;101(8):869-877. <https://doi.org/10.1161/01.cir.101.8.869>

5. Huang W, Su L, Wu S, Xu L, Xiao F, Zhou X, et al. A Novel Pacing Strategy With Low and Stable Output: Pacing the Left Bundle Branch Immediately Beyond the Conduction Block. *Can J Cardiol.* 2017;33(12):1736.e1-1736.e3. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2017.09.013>
6. Zhuo W, Zhong X, Liu H, Yu J, Chen Q, Hu J, et al. Pacing Characteristics of His Bundle Pacing vs. Left Bundle Branch Pacing: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Cardiovasc Med.* 2022 Mar 22;9:849143. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.849143>
7. Prinzen FW, Van Oosterhout MF, Vanagt WY, Storm C, Reneman RS. Optimization of Ventricular Function by Improving the Activation Sequence During Ventricular Pacing. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1998;21(11 Pt 2):2256-2260. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.1998.tb01163.x>
8. Peschar M, de Swart H, Michels KJ, Reneman RS, Prinzen FW. Left ventricular septal and apex pacing for optimal pump function in canine hearts. *J Am Coll Cardiol.* 2003;41(7):1218-1226. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(03\)00091-3](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(03)00091-3)
9. Lewis AJM, Foley P, Whinnett Z, Keene D, Chandrasekaran B. His Bundle Pacing: A New Strategy for Physiological Ventricular Activation. *J Am Heart Assoc.* 2019 Mar 19;8(6):e010972. <https://doi.org/10.1161/JAHA.118.010972>
10. Yasin O, Vaidya V, Tri J, Van Zyl M, Ladejobi A, Xiao P, et al. Activation pattern during his pacing: how close are we to normal physiology? *Eur Heart J.* 2020 Nov;41(Suppl 2):ehaa946.0804. <https://doi.org/10.1093/ehjci/ehaa946.0804>
11. Hirahara AM, Lange M, Shah A, Khan MS, Ranjan R, Stoddard G, et al. His bundle pacing shows similar ventricular electrical activation as sinus: selective and nonselective His pacing indistinguishable. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2021;320(1):H13-H22. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00292.2020>
12. Meiburg R, Rijks JHJ, Beela AS, Bressi E, Grieco D, Delhaas T, et al. Comparison of novel ventricular pacing strategies using an electro-mechanical simulation platform. *Europace.* 2023 Jun 2;25(6):euad144. <https://doi.org/10.1093/europace/euad144>
13. Arnold AD, Shun-Shin MJ, Ali N, Keene D, Howard JP, Chow JJ, et al. Left ventricular activation time and pattern are preserved with both selective and nonselective His bundle pacing. *Heart Rhythm O2.* 2021;2(5):439-445. <https://doi.org/10.1016/j.hroo.2021.08.001>
14. Jastrzębski M, Burri H, Kiełbasa G, Curila K, Moskal P, Bednarek A, et al. The V6-V1 interpeak interval: a novel criterion for the diagnosis of left bundle branch capture. *Europace.* 2022;24(1):40-47. <https://doi.org/10.1093/europace/euab164>
15. Cho SW, Gwag HB, Hwang JK, Chun KJ, Park KM, On YK, et al. Clinical features, predictors, and long-term prognosis of pacing-induced cardiomyopathy. *Eur J Heart Fail.* 2019;21(5):643-651. <https://doi.org/10.1002/ejhf.1427>
16. Kim JH, Kang KW, Chin JY, Kim TS, Park JH, Choi YJ. Major determinant of the occurrence of pacing-induced cardiomyopathy in complete atrioventricular block: a multicentre, retrospective analysis over a 15-year period

- in South Korea. *BMJ Open*. 2018 Feb 8;8(2):e019048. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-019048>
17. Somma V, Ha FJ, Palmer S, Mohamed U, Agarwal S. Pacing-induced cardiomyopathy: A systematic review and meta-analysis of definition, prevalence, risk factors, and management. *Heart Rhythm*. 2023;20(2):282-290. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2022.09.019>
18. Perepeka YeO, Lazoryshynets VV. [Comparative analysis of long-term outcomes following the stimulation of cardiac conduction system and right ventricular pacing in patients with bradyarrhythmias]. *Aktualni problemy suchasnoi medytsyny: Visnyk Ukrainської medychnoi stomatolohichnoi akademii*. 2023;23(3):31-36. Ukrainian. <https://doi.org/10.31718/2077-1096.23.3.31>

Visualization of Left Ventricular Endocardium Activation Time during Cardiac Conduction System Pacing

Eugene O. Perepeka

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

Abstract

Introduction. Right ventricular myocardial pacing leads to asynchronous contraction of the left ventricle (LV) and can impair its contractility over time. Stimulation of the conduction system of the heart ensures physiological activation of the ventricles.

The aim. To visualize the pattern of propagation of the electrical front on the activation map of the LV endocardium during conduction system pacing and during right ventricular myocardial pacing.

Materials and methods. In two patients with the conduction system pacing, who were operated at the National Amosov Institute of Cardiovascular Surgery, invasive LV activation mapping was performed on various options of cardiac pacing using the EnSite Precision™ navigation system. One patient with complete atrioventricular block had nonselective His bundle pacing. The second patient had dilated cardiomyopathy and indications for cardiac resynchronization therapy and ablation of the atrioventricular junction due to chronic tachyform of atrial fibrillation. After an unsuccessful attempt to place LV lead in coronary sinus, a lead for left bundle branch pacing was implanted. Different activation maps of the LV endocardium were built in two patients with two types of cardiac pacing: right ventricular myocardial pacing and cardiac conduction system pacing.

Results. The total LV endocardial activation time was significantly different in the two studied patients with different pacing options. In a patient with non-selective stimulation of His bundle, the total LV endocardial activation time was 43 ms (QRS width 126 ms, the interval from the stimulus to the peak of the R wave in lead V6 78 ms). After switching to right ventricular myocardial pacing with a decrease in the pacing amplitude, the total LV endocardial activation time prolonged to 90 ms (QRS width 165 ms, the interval from the stimulus to the peak of the R wave in lead V6 117 ms). In a patient with left bundle branch pacing, total LV endocardial activation time was 51 ms (QRS width 160 ms, the interval from the stimulus to the peak of the R wave in lead V6 66 ms). With switching exclusively to right ventricular pacing the total LV endocardial activation time prolonged to 93 ms (stimulated QRS width 180 ms). At the same time, the activation pattern of the LV endocardium was significantly different, since the right ventricular lead was located closer to the apex.

Conclusions. Conduction system pacing provides rapid physiological LV activation and potentially avoids the negative consequences of asynchronous slow ventricular activation during right ventricular pacing.

Keywords: *pacemaker, atrioventricular block, His bundle pacing, left bundle branch pacing, navigation system.*

Стаття надійшла в редакцію / Received: 06.11.2023

Після доопрацювання / Revised: 13.11.2023

Прийнято до друку / Accepted: 22.12.2023