

<https://doi.org/10.35336/VA-1290><https://elibrary.ru/NOVPJQ>

ЭПИЗОДИЧЕСКАЯ СТИМУЛЯЦИЯ ДИАФРАГМАЛЬНОГО НЕРВА У ПАЦИЕНТА
С ОДНОКАМЕРНЫМ ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯТОРОМ: КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ
И.О.Репников, О.П.Евсеева, А.Е.Евтушенко, Е.В.Маслова, М.В.Ахобадзе, Д.И.Перчаткин
СПбГБУЗ «Городская Покровская больница», Россия, Санкт-Петербург, пр. Большой В.О., д. 85.

В статье приведено клиническое наблюдение пациента с эпизодами стимуляции диафрагмы после непреднамеренной имплантации электрода для стимуляции правого желудочка в среднюю вену сердца. Описаны способы ранней диагностики этого осложнения и технические приемы для его профилактики.

Ключевые слова: стимуляция диафрагмального нерва; коронарный синус; средняя вена сердца; электрокардиостимулятор; желудочковый электрод

Конфликт интересов: отсутствует.

Финансирование: отсутствует.

Рукопись получена: 17.11.2023 **Исправленная версия получена:** 01.04.2024 **Принята к публикации:** 29.04.2024

Ответственный за переписку: Репников Илья Олегович, E-mail: repnik-off@mail.ru

И.О.Репников - ORCID ID 0000-0002-8092-7222, О.П.Евсеева - ORCID ID 0009-0006-3894-8886, А.Е.Евтушенко - ORCID ID 0000-0001-9002-8530, Е.В.Маслова - ORCID ID 0000-0001-5621-695X, М.В.Ахобадзе - ORCID ID 0000-0003-4920-1789, Д.И.Перчаткин - ORCID ID 0000-0003-2865-7760

Для цитирования: Репников ИО, Евсеева ОП, Евтушенко АЕ, Маслова ЕВ, Ахобадзе МВ, Перчаткин ДИ. Эпизодическая стимуляция диафрагмального нерва у пациента с однокамерным электрокардиостимулятором: клиническое наблюдение. *Вестник аритмологии*. 2024;31(2): 68-72. <https://doi.org/10.35336/VA-1290>.

TRANSIENT PHRENIC NERVE STIMULATION IN A PATIENT WITH SINGLE CHAMBER PACEMAKER:
CASE REPORT

I.O.Repnikov, O.P.Evseeva, A.E.Evtushenko, E.V.Maslova, M.V.Akhobadze, D.I.Perchatkin
Pokrovskaya Municipal Hospital, Russia, Saint Petersburg, 85 VO Bolshoy ave.

The article presents a clinical observation of a patient with episodes of phrenic nerve stimulation after inadvertent permanent ventricular pacing from the middle cardiac vein. The methods of early diagnosis of this complication and techniques for its prevention are described.

Key words: phrenic nerve stimulation; coronary sinus; middle cardiac vein; pacemaker; ventricular lead

Conflict of interest: none.

Funding: none.

Received: 17.11.2023 **Revision received:** 01.04.2024 **Accepted:** 29.04.2024

Corresponding author: Repnikov Ilya, E-mail: repnik-off@mail.ru

I.O.Repnikov - ORCID ID 0000-0002-8092-7222, O.P.Evseeva - ORCID ID 0009-0006-3894-8886, A.E.Evtushenko - ORCID ID 0000-0001-9002-8530, E.V.Maslova - ORCID ID 0000-0001-5621-695X, M.V.Akhobadze - ORCID ID 0000-0003-4920-1789, D.I.Perchatkin - ORCID ID 0000-0003-2865-7760

For citation: Repnikov IO, Evseeva OP, Evtushenko AE, Maslova EV, Akhobadze MV, Perchatkin DI. Transient phrenic nerve stimulation in a patient with single chamber pacemaker: case report. *Journal of Arrhythmology*. 2024;31(2): 68-72. <https://doi.org/10.35336/VA-1290>.

Стимуляция диафрагмы встречается примерно в 30% случаев при имплантации кардиостимуляторов, однако преимущественно наблюдается при имплантации устройств для сердечной ресинхронизирующей терапии (СРТ) вследствие эпикардального расположения электрода для стимуляции левого желудочка и его близости к левому диафрагмальному нерву [1]. Описаны также случаи непреднамеренного позиционирования электрода для стимуляции правого желу-

дочка (ПЖ) в ветви коронарного синуса (КС), особенно часто в среднюю вену сердца (СВС, middle cardiac vein), ход которой рентгеноскопически напоминает типичное расположение электрода в верхушке ПЖ [2]. Стимуляция диафрагмы в этом случае также возможна, если левый диафрагмальный нерв расположен в анатомической близости к СВС.

Это осложнение обычно не приводит к нарушениям гемодинамики, однако может вызвать значимое снижение качества жизни пациента, вызывая повторяющиеся эпизоды пульсации в левом подреберье (иногда только при определенном положении тела) [3]. Использование различных технических приемов, а также тщательный рентгенологический и электрокардиографический (ЭКГ) контроль во время имплантации позволяют предупредить позиционирование желудочкового электрода в КС и избежать развитие диафрагмальной стимуляции. Нами представлено клиническое наблюдение пациента с эпизодической стимуляцией диафрагмы в течение 16 лет после непреднамеренной имплантации ПЖ электрода в СВС.

Мужчина 70 лет поступил в экстренном порядке в палату интенсивной терапии отделения сердечно-

сосудистой хирургии с жалобами на приступы головокружения вне связи с физической нагрузкой, потери сознания до поступления в стационар он отрицал. В анамнезе у пациента с 2000 года постоянная форма фибрилляции предсердий, тахисистолический вариант. В 2001 году ему была выполнена абляция атриовентрикулярного соединения с имплантацией одноканального электрокардиостимулятора (ЭКС) в режиме VVI (ЭКС-300). В 2004 году в связи с «выходом из строя электронной схемы» проведена замена ЭКС (ЭКС-300). В 2007 году повторно выявлено нарушение работы ЭКС (повышение порога стимуляции по желудочковому электроду), в связи с чем пациент был экстренно госпитализирован в стационар, где было выполнено перепрограммирование ЭКС с повышением амплитуды импульса. Однако на следующий день задокументирован «отказ ЭКС», налажена временная электрокардиостимуляция и проведена замена ЭКС (модель Sigma SSR303, Medtronic, USA) и желудочкового электрода (модель Polyrox PX-60-BP, Biotronik, Germany). Со слов пациента, сразу после операции он отметил пульсацию в левом подреберье, о чем сообщил лечащему врачу. Была снижена амплитуда импульса без попыток репозиции электрода, после чего ощущение пульсации стало реже, однако сохранялось на протяжении дальнейшего наблюдения (в основном в ночное время) вплоть до момента поступления в наш стационар. С этими жалобами пациент неоднократно обращался к неврологам, которые установили диагноз астенического невроза.

В январе 2016 года пациенту проведена замена ЭКС в связи с критическим истощением батареи, имплантирован ЭКС SENSIA SR (Medtronic,

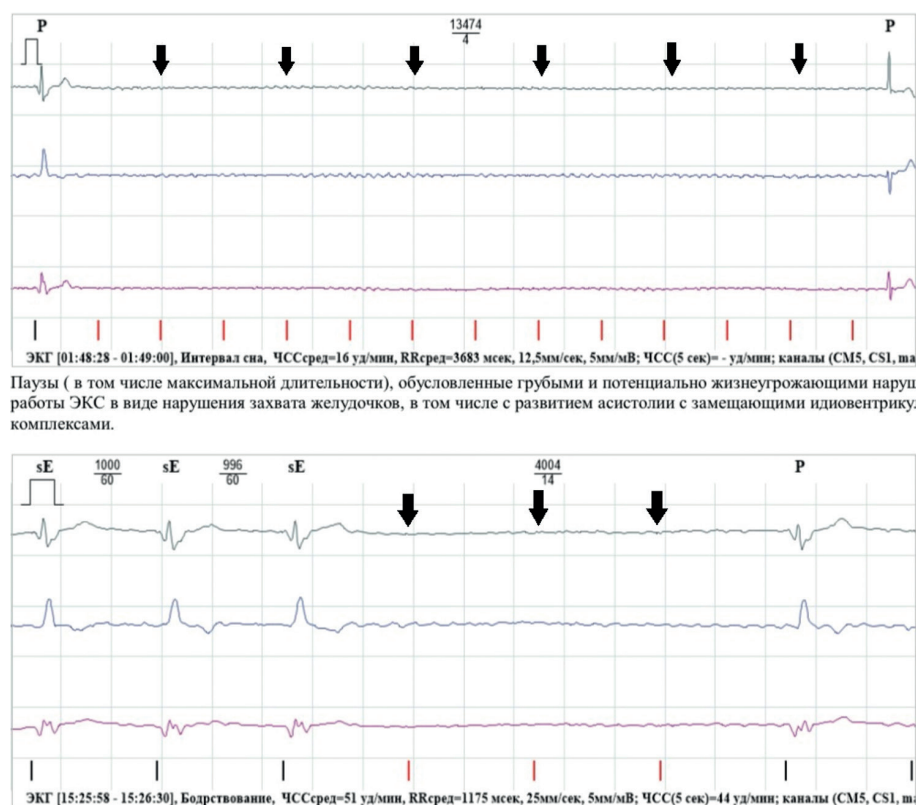


Рис. 1. Фрагмент холтеровского мониторингирования с неэффективной стимуляцией желудочков. Стрелками указаны неэффективные желудочковые стимулы.



Рис. 2. Электрокардиограмма пациента при поступлении. Эффективная стимуляция желудочков. Морфология QRS по типу полной блокады правой ножки пучка Гиса.

USA). Послеоперационное программирование ЭКС не выявило нарушений функции имплантированного электрода, по документам порог стимуляции составил <1 В. В связи с появлением эпизодов головокружения в октябре 2023 г, пациенту амбулаторно выполнено холтеровское мониторирование, которое выявило эпизоды неэффективной стимуляции желудочков с паузами до 13,5 с (рис. 1), в связи с чем пациент был экстренно госпитализирован в наш стационар.

При анализе ЭКГ при поступлении обращала на себя внимание морфология QRS по типу полной блокады правой ножки пучка Гиса с шириной QRS 200 мс (рис. 2), что позволило заподозрить стимуляцию левого желудочка. Программирование ЭКС в палате интенсивной терапии выявило повышение порога стимуляции до 2,5 В, при этом амплитуда импульса в настройках ЭКС составляла также 2,5 В. Таким образом, эпизоды неэффективной стимуляции желудочков были связаны с отсутствием безопасного запаса по амплитуде (при хроническом пороге стимуляции рекомендован двукратный запас). Функция автоматического определения порога стимуляции была запрограммирована в режим монитора; при попытке установить автоматическое отслеживание порога стимуляции, после тестирования захвата, включение этой функции аппаратом не рекомендовано.

Повышение амплитуды импульса до безопасного уровня 5,0 В (2х), привело к появлению стимуляции диафрагмы в области левого подреберья, которое пациент уже испытывал с определенной периодичностью с 2007 года. Прогностический срок службы батареи ЭКС после вновь запрограммированных параметров составил <2 месяцев, поэтому было принято решение о замене ЭКС и желудочкового электрода.

Операция проведена по экстренным показаниям, учитывая зависимость пациента от ЭКС и дискомфорт от постоянной стимуляции диафрагмы. Рентгеноскопия в задне-передней (РА) и левой боковой (LAO) проекциях выявила позиционирование желудочкового электрода в ветви КС - СВС (рис. 3). Электрод был мобилизован, однако

извлечь его простой тракцией на стилете не удалось. В условиях отсутствия систем для экстракции электродов и риска повреждения КС, от дальнейших попыток извлечения электрода решено воздержаться. Пациенту имплантирован новый электрод в межжелудочковую перегородку с удовлетворительными параметрами стимуляции (амплитуда электрограммы желудочков 16,1 мВ, порог стимуляции 0,6 В). Подключен новый ЭКС Reply SR (Microport CRM-Sorin, China).

Послеоперационный период протекал без особенностей. Ощущения пульсации в левом подреберье полностью исчезли. На ЭКГ, выполненный в 1 сутки после операции - эффективная желудочковая стимуляция с морфологией QRS по типу полной блокады левой ножки пучка Гиса (рис. 4). Пациент выписан на 4 сутки после операции в удовлетворительном состоянии.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

В представленном клиническом случае у пациента возникла постоянная пульсация в левом подреберье в раннем послеоперационном периоде после замены ЭКС с имплантацией нового желудочкового электрода. Для купирования этого симптома была применена тактика снижения амплитуды импульса, которая, однако, не позволила полностью избавиться от стимуляции диафрагмы. Пульсация появлялась преимущественно по ночам (вероятно, при определенном положении тела пациента), что в итоге вынудило пациента обратиться к неврологу. Установлен диагноз астенического невроза,

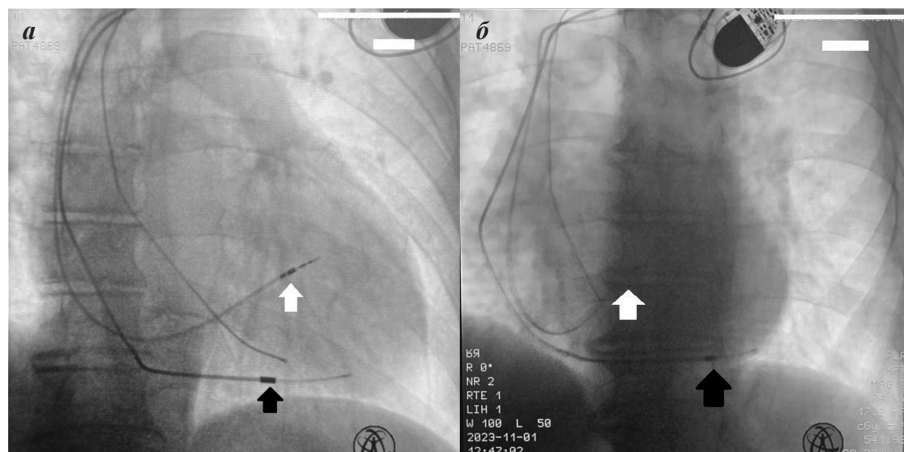


Рис. 3. Интраоперационная рентгеноскопия в задне-передней, РА (а) и левой косой проекции, LAO (б). Черными стрелками указан электрод в средней вене сердца (СВС). Белыми стрелками обозначен вновь имплантированный электрод в межжелудочковой перегородке.

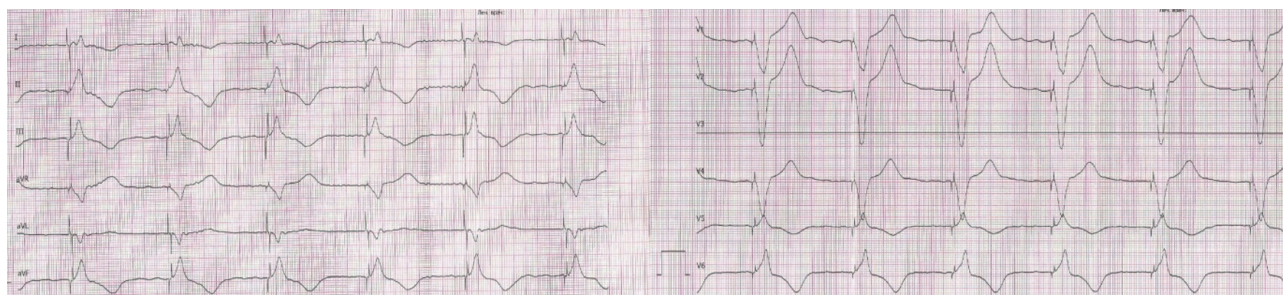


Рис. 4. Электрокардиограмма пациента в 1 сутки после операции. Эффективная стимуляция желудочков. Морфология QRS в отведении V1 по типу полной блокады левой ножки пучка Гиса.

который, очевидно, имел вполне определенную соматическую причину. Однако детального поиска причин диафрагмальной стимуляции, по всей видимости, не проводилось, так как при плановых программированиях ЭКС пульсация диафрагмы не воспроизводилась (в повседневной практике стимуляция высоким током при программировании не выполняется). Параметры электрода (порог стимуляции, импеданс) также были в пределах нормы.

Стимуляция диафрагмы после имплантации кардиостимулятора не относится к жизнеугрожающим осложнениям, однако она может существенно снизить качество жизни пациента. Это осложнение может возникнуть после имплантации электрода в верхушку ПЖ, когда, по причине анатомической близости верхушки ПЖ к левому куполу диафрагмы и относительно небольшой толщины стенки ПЖ, происходит захват мышцы диафрагмы стимулом с ПЖ электрода, а также при непреднамеренном позиционировании электрода в одной из ветвей КС. В последнем случае возможна электрическая стимуляция левого диафрагмального нерва, проходящего вдоль левой боковой поверхности перикарда, импульсом с расположенного эпикардially желудочкового электрода. Как правило, это осложнение возможно распознать интраоперационно при маневре стимуляцией током высокой амплитуды (10 В) и провести репозицию электрода в альтернативную позицию ПЖ (например, межжелудочковую перегородку).

Непреднамеренное попадание электрода в ветви КС возможно вследствие анатомических причин. КС находится в предсердно-желудочковой борозде ближе к предсердию и является продолжением большой вены сердца; его началом считается место впадения косой вены сердца (вены Маршалла), также в него впадают задняя, средняя и малая вены сердца. Средняя вена сердца располагается вдоль задней межжелудочковой борозды и получает венозную кровь от обоих желудочков. В большинстве случаев устье СВС располагается рядом с устьем КС. Во время процедуры имплантации

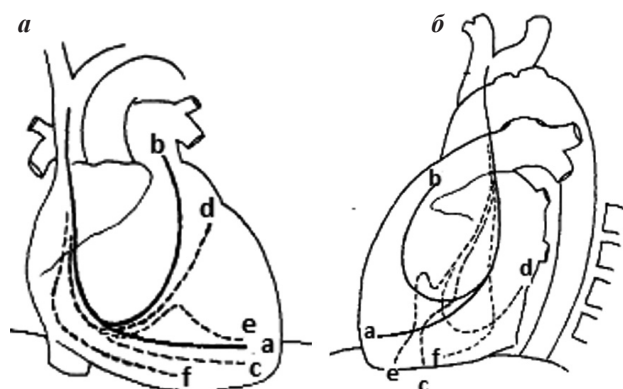


Рис. 5. Схематическое расположение электродов в задне-передней (а) и латеральной (б) рентгеноскопических проекциях. Сплошной линией обозначены электроды: а - в верхушке правого желудочка, б - в легочной артерии. Пунктирными линиями обозначены электроды: в - в средней вене сердца, г - в большой вене сердца, д - в задней вене сердца, е - в малой вене сердца [5].

при несоблюдении определенных правил, описанных ниже, желудочковый электрод может непреднамеренно оказаться в СВС, что может быть вовремя не распознано, так как анатомический ход СВС напоминает позицию электрода в верхушке правого желудочка при рентгеноскопии в задне-передней (РА) проекции (рис. 5) [4, 5].

Избежать этого осложнения можно при соблюдении определенных технических приемов:

- проведение желудочкового электрода через трикуспидальный клапан с использованием «петли» путем выведения стилета из дистальной части электрода либо с использованием J-образного стилета, обычно входящего в комплект с электродом (этим маневром уменьшается риск попадания электрода в устье КС, которое может быть расширено по разным причинам, и далее в одну из его ветвей);
- выведение желудочкового электрода в выходной тракт ПЖ, с последующей его тракцией (при этом электрод «спускается» к верхушке ПЖ, чем подтверждается свободный ход электрода в полости ПЖ);
- интраоперационное использование различных рентгеноскопических проекций (RAO, LAO) для подтверждения позиции электрода;
- анализ ЭКГ в 12-ти отведениях (на фоне стимуляции желудочков) во время или сразу после имплантации для оценки морфологии стимулированного QRS (особенно в отведении V1);
- в сомнительных случаях выполнение эхокардиографии после имплантации ЭКС, которая позволяет выявить отсутствие электрода в правом желудочке и заподозрить его неправильное позиционирование [6].

В нашем клиническом случае причиной стимуляции диафрагмы, по всей видимости, являлась стимуляция диафрагмального нерва электродом, расположенным в СВС, хотя нельзя исключить и прямую стимуляцию левого купола диафрагмы. Если обратиться к конструкции имплантированного электрода с пассивной фиксацией (Polyrox PX-60-BP, Biotronik, Germany), можно отметить, что расстояние между дистальным концом электрода и его кольцом увеличено и составляет 31 мм [7]. Согласно информации производителя, эта конструкция улучшает чувствительность к желудочковым потенциалам. Однако стимуляция при этом также осуществлялась в биполярном режиме, что в случае увеличенного расстояния между биполярными контактами может приводить к деполяризации большей поверхности миокарда с возможным захватом прилежащих структур (левого купола диафрагмы). При нахождении такого электрода в СВС, как в нашем случае, риск захвата диафрагмального нерва более «широк» электрическим полем также увеличивается.

Из особенностей конструкции этого электрода можно выделить и фрактальное покрытие дистального конца для снижения порога стимуляции (стероидное покрытие у электрода отсутствует). Тем не менее, повышение порога стимуляции все же произошло через 16 лет после имплантации, что в итоге привело к установке истинной причины стимуляции диафрагмы, беспокойшей пациента в течение длительного периода, и успешному ее устранению.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стимуляция диафрагмы нередкое осложнение после имплантации ЭКС, которое доставляет пациенту значимый дискомфорт и ухудшает качество жизни. Од-

ной из ее причин является непреднамеренное позиционирование электрода в одной из ветвей КС, чаще всего СВС. Своевременная диагностика этого осложнения позволяет выполнить раннюю репозицию электрода и избежать ухудшения качества жизни пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Goetze S, Defaye P, Bauer A, et al. Phrenic nerve stimulation in CRT patients and benefits of electronic lead repositioning: the ERACE trial. *J Interv Card Electrophysiol*. 2013;38: 1-9. <https://doi.org/10.1007/s10840-013-9811-9>.
2. Chen TE, Wang CC, Satish OS, et al. Electrocardiographic features of ventricular pacing lead in the middle cardiac vein vs. right ventricular apex in a patient with persistent left superior vena cava. *J Electrocardiology*. 2007;40: 531-533 <https://doi:10.1016/j.jelectrocard.2007.05.016>.
3. Biffi M, Exner D, Crossley G, et al. Occurrence of phrenic nerve stimulation in cardiac resynchronization therapy patients: the role of left ventricular lead type and placement site. *Europace*. 2013;15: 77-82. <https://doi:10.1093/europace/eus237>.
4. Chen M, Wu Z, Liu Z, et al. Inadvertent malposition of a permanent ventricular lead into the middle cardiac vein was misdiagnosed as lead perforation. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*. 2022;27: e12949. <https://doi.org/10.1111/anec.12949>.
5. Shettigar UR, Loungani RR, Smith CA. Inadvertent permanent ventricular pacing from the coronary vein: An electrocardiographic, roentgenographic, and echocardiographic assessment. *Clinical Cardiology*. 1989;12: 267-274. <https://doi.org/10.1002/clc.4960120508>.
6. Topaloglu, S., Bayraktar, F., Okten, S., et al. Inadvertent placement of pacemaker lead into the middle cardiac vein. *Herz*. 2015; 0: 734-737. <https://doi.org/10.1007/s00059-014-4134-x>.
7. Доступно по ссылке (available from): https://www.transmedpharma.com/wp-content/uploads/2021/03/BIOTRONIK_Product-Catalog_CRM.pdf.