

<https://doi.org/10.35336/VA-2019-4-53-58>

НЕАДЕКВАНТЫЙ ШОК ПОДКОЖНОГО ДЕФИБРИЛЛЯТОРА, ОБУСЛОВЛЕННЫЙ НАЛИЧИЕМ
ОСТАТОЧНОГО ВОЗДУХА В ПОДКОЖНОМ ТОННЕЛЕ

Е.Б.Кропоткин¹, Э.А.Иваницкий¹, А.Ю.Черемисина¹, О.В.Костылева², В.А.Сакович¹

¹ФГБУ Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии, Красноярск, ²ООО «Кардиомедикс», Москва

Приводится описание случая срабатывания подкожного дефибриллятора в раннем послеоперационном периоде, обусловленного наличием воздуха в области тоннеля шокового электрода.

Ключевые слова: подкожный дефибриллятор, внезапная сердечная смерть, неадекватный шок.

Конфликт интересов: О.В.Костылева является сотрудником компании «Кардиомедикс», дистрибьютера продукции компании производителя подкожных дефибрилляторов Boston Scientific; конфликт интересов в остальных случаях не заявлен.

Рукопись получена: 26.09.2019 **Рецензии получены:** 15.10.2019 **Принята к публикации:** 20.12.2019

Ответственный за переписку: Кропоткин Евгений Борисович, E-mail kroj@inbox.ru

Для цитирования: Кропоткин Е.Б., Иваницкий Э.А., Черемисина А.Ю., Костылева О.В., Сакович В.А. Неадекватный шок подкожного дефибриллятора, обусловленный наличием остаточного воздуха в подкожном тоннеле // Вестник аритмологии, 2019, Том 26, № 4 (98), с. 53-58; DOI: 10.35336/VA-2019-4-53-58.

UNCOMMON INAPPROPRIATE SHOCK OF SUBCUTANEOUS
DEFIBRILLATOR IN EARLY POSTOPERATIVE PERIOD DUE TO AIR IN CLOSE PROXIMITY
OF SHOCK ELECTRODE IS PRESENTED

Е.В.Kropotkin¹, Е.А.Ivanitsky¹, А.Yu.Cheremisina¹, О.V.Kostyleva², V.A.Sakovich¹

Clinical case report of uncommon inappropriate shock of subcutaneous defibrillator in early postoperative period due to air in close proximity of shock electrode is presented.

Key words: subcutaneous ICD, sudden cardiac death, inappropriate shock.

Conflict of Interest: O.V.Kostyleva is an employee of Cardiomedics, a distributor of products of the company manufacturer of subcutaneous defibrillators Boston Scientific; in other cases nothing to declare.

Received: 26.09.2019 **Revision Received:** 15.10.2019 **Accepted:** 20.12.2019

Corresponding author: Kropotkin Eugene, E-mail kroj@inbox.ru

For citation: Kropotkin E.B., Ivanitsky E.A., Cheremisina A.Yu., Kostyleva O.V., Sakovich V.A. Uncommon inappropriate shock of subcutaneous defibrillator in early postoperative period due to air in close proximity of shock electrode is presented // Journal of arrhythmology, 2019, Vol. 26, 3 (97), p. 53-58; DOI: 10.35336/VA-2019-4-53-58.

Несмотря на значительные достижения в лечении сердечно-сосудистых заболеваний, внезапная сердечная смерть (ВСС) составляет половину от всех сердечно-сосудистых смертей. Большинство рандомизированных исследований показало, что имплантируемые кардиовертеры-дефибрилляторы (ИКД) улучшают выживаемость больных с риском ВСС, поэтому данная терапия стала признанным методом первичной и вторичной профилактики ВСС [1, 2]. Тем не менее, имплантация традиционных ИКД ассоциирована с большим количеством осложнений, как интраоперационных, так и послеоперационных, связанных с имплантацией трансвенозных электродов. В некоторых случаях может потребоваться экстракция ранее имплантированных электродов. Наиболее частыми показаниями для экстракции электрода являются инфекционные осложнения (73,4%) и электродные проблемы

(20,3%) [3]. Таким образом, трансвенозные электроды по-прежнему остаются ахиллесовой пятой всех систем стимуляции. Для предотвращения или уменьшения риска развития серьезных осложнений, связанных с имплантацией трансвенозных электродов, была разработана система подкожного дефибриллятора (S-ICD).

Имплантация S-ICD - новое направление в использовании имплантируемых устройств для предотвращения ВСС. Система S-ICD не требует венозного доступа для введения дефибриллирующего электрода и демонстрирует высокий процент купирования жизнеугрожающих аритмий - 98%. [4]. Опубликованный в 2019 г. обзор и мета-анализ свидетельствует о статистически достоверных преимуществах S-ICD по сравнению с традиционным в плане снижения количества осложнений, связанных с электродами [5]. Однако, подкожная имплантация электрода может создать но-

вые проблемы, связанные с восприятием избыточных сигналов (оверсенсинг). Одной из причин такого оверсенсинга и выполнения последующей неадекватной терапии является скопление воздуха около воспринимающих полюсов электрода. Ниже приводится описание собственного клинического наблюдения.

Пациенту 18 лет с гипертрофической кардиомиопатией (ГКМП) и осложненным семейным анамнезом (ВСС отца с ГКМП) с классом показаний для имплантации ИКД Па согласно национальным рекомендациям по определению риска и профилактике ВСС [6] с целью первичной профилактики внезапной сердечной смерти ВСС был имплантирован подкожный дефибриллятор EMBLEM A - 209 (Boston Scientific, USA). Данные эхокардиографического исследования пациента: левое предсердие - 4,9x4,0 см, правое предсердие - 3,9x3,6 см, базальный отдел правого желудочка - 3,3 см, систолическое давление в легочной артерии - 27 мм рт.ст., задняя стенка левого желудочка (ЛЖ) - 2,0 см, межжелудочковая перегородка - 3,0 см, фракция выброса по Simpson - 69%, конечный диастолический размер ЛЖ - 3,9 см, конечный диастолический объем ЛЖ - 70 мл, конечный систолический объем ЛЖ - 22 мл, ударный объем - 48 мл, градиент давления на аортальном клапане - 20 мм рт.ст.

Учитывая молодой возраст, отсутствие показаний для кардиостимуляции и кардиоресинхронизирующей терапии, целесообразность сохранения венозного доступа для возможной последующей имплантации трансвенозной системы в случае изменения клинической картины и возникновения показаний для кардиостимуляции, было решено использовать полностью подкожно имплантируемую систему. До операции пациенту был проведен скрининг ЭКГ в положении лежа, сидя и при выполнении нагрузки с использованием программы автоматического скрининга. Скрининг ЭКГ необходим для того, чтобы убедиться в адекватном восприятии S-ICD для предотвращения выполнения неадекватной терапии или невосприятия желудочковой тахикардии. Для возможности использования подкожного дефибриллятора необходимо, чтобы хотя бы один и тот же вектор был пригоден в положении лежа и сидя. Скрининг показал возможность использования вторичного и альтернативного векторов восприятия (рис. 1).

Оперативное лечение осуществлялась в рентген операционной. Операция проводилась в условиях общей анестезии. Дополнительно, для уменьшения в раннем послеоперационном периоде болевого синдрома, в месте формирования ложа дефибриллятора использовалась местная инфильтрационная анестезия раствором лидокаина 1% - 40 мл.

Для имплантации системы использовалась техника двух разрезов: один - в области создания ложа аппарата, второй - в области основания мечевидного отростка грудины [7] (см. рис. 1).

Ложе для подкожного дефибриллятора, имплантированного в межмышечный карман, было сформировано в межреберном пространстве 5-го и 6-го ребер несколько кзади от срединной подмышечной линии. Шоковый электрод был установлен парастернально

слева. С помощью разрывного интродьюсера II Fr и специального туннелятора сформирован вертикальный (верхний) туннель от уровня основания мечевидного отростка до уровня 2-го ребра. Последний был удален, и по интродьюсеру проведен электрод. Перед ушиванием доступа у основания мечевидного отростка с помощью мануальной компрессии мягких тканей над электродом был удален воздух из ложа электрода. Аналогичным образом воздух был удален из ложа дефибриллятора. Рентгеноскопия в прямой проекции показала оптимальное положение аппарата и электрода (рис. 2).

Во время операции была выполнена автоматическая настройка дефибриллятора, в результате чего выбран вторичный вектор восприятия сигнала: между дистальным воспринимающим полюсом электрода и корпусом аппарата.

Проведен конверсионный дефибриллирующий теста: индуцированная фибрилляция желудочков была купирована разрядом 65 Дж с первой попытки, восстановлен синусный ритм (рис. 3).

После восстановления синусового ритма восприятия дополнительных сигналов на подкожной ЭКГ не было. Запрограммированные параметры представлены на рис. 4. Для анализа выбран вторичный вектор (Sensing configuration: Secondary).

На контрольной рентгеноскопии органов грудной клетки сразу после дефибриллирующего теста элек-



Рис. 1. Результаты предоперационного скрининга и техника операции. Векторы восприятия подкожного сигнала: первичный - от проксимального воспринимающего полюса к корпусу аппарата, вторичный - от дистального воспринимающего полюса к корпусу аппарата, альтернативный - от дистального полюса к проксимальному полюсу. Устройство имплантировано с использованием техники двух разрезов: один разрез в области ложа дефибриллятора, другой - у основания мечевидного отростка. Фотография выполнена на следующие сутки после операции.

трод находился в прежней позиции, очагов скопления воздуха обнаружено не было.

В первые сутки после операции на фоне полного благополучия пациент ощутил разряд дефибриллятора. При опросе имплантированного устройства на сохраненных ЭКГ был выявлен оверсенсинг, трактованный как тахикардия в шоковой зоне (маркировка буквой T), не связанный с восприятием сердечных сигналов. Подкожная ЭКГ во время тахикардии была представлена смещенной базовой линией и низкоамплитудными комплексами QRS (рис. 5).

После нанесенного разряда 80 Дж произошла нормализация изолинии и амплитуды спонтанного желудочкового комплекса. При мануальной компрессии мягких тканей над электродом и аппаратом дополнительных «шумов» спровоцировано не было. Проведенные тесты, направленные на восприятие мышечных потенциалов, также были отрицательными. Импе-

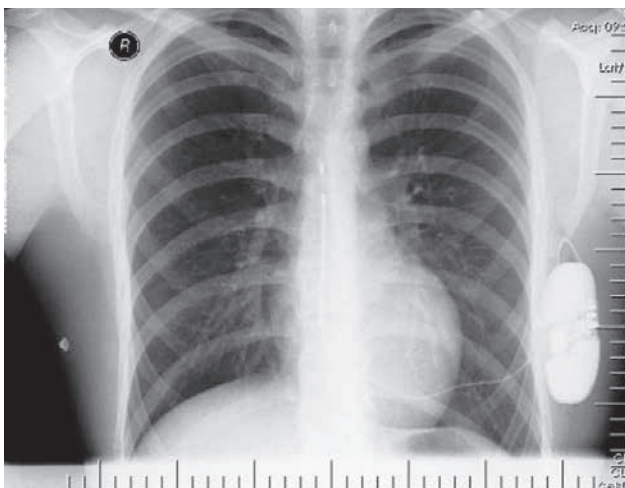


Рис. 2. Обзорная рентгенография органов грудной клетки в передне-задней проекции пациента с имплантированным S-ICD.

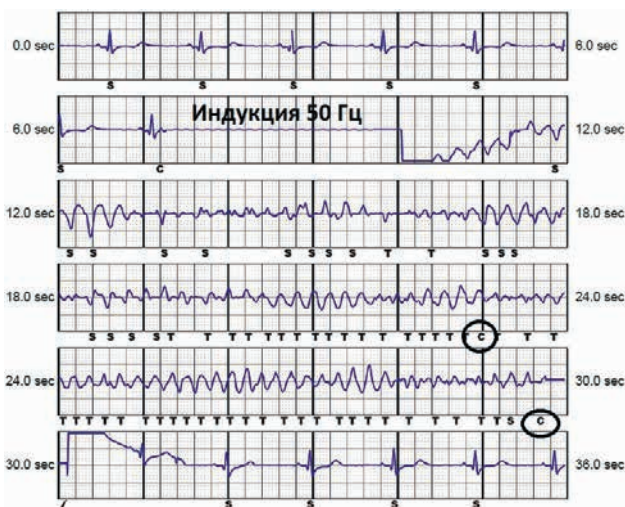


Рис. 3. Электрокардиограмма S-ICD во время проведения дефибриллирующего теста. Здесь и далее: S - воспринятое событие вне зоны тахикардии; T - тахикардия (в данном случае фибрилляция желудочков), C - начало и окончание заряда конденсатора S-ICD, указан момент нанесения разряда дефибриллятором.

данс электрода был в пределах допустимых значений. На обзорной рентгенографии органов грудной клетки в двух проекциях было выявлено наличие воздуха в области ложа электрода в проксимальной его части у основания мечевидного отростка (рис. 6).

Терапия имплантированного устройства была временно отключена, а пациент находился под особым наблюдением со стороны медицинского персонала отделения. Через два дня терапия была включена.

На амбулаторном визите через две недели жалоб на срабатывание дефибриллятора не было. На обзорной рентгенографии органов грудной клетки в двух проекциях воздуха возле электрода выявлено не было. При опросе устройства с момента нанесения неадекватного шока событий также зафиксировано не было. Пациент находится под наблюдением более полутора лет. Срабатываний за это время не было. Проведенный тест с физической нагрузкой показал адекватное восприятие сигналов при большой частоте сердечных сокращений.

ОБСУЖДЕНИЕ

Безопасность и эффективность использования подкожного дефибриллятора была доказана многочисленными исследованиями, включая объединённый анализ проспективных исследований IDE Study и EFFORTLESS [4]. Однако, в этой публикации была показана большая частота неадекватных шоков в течение

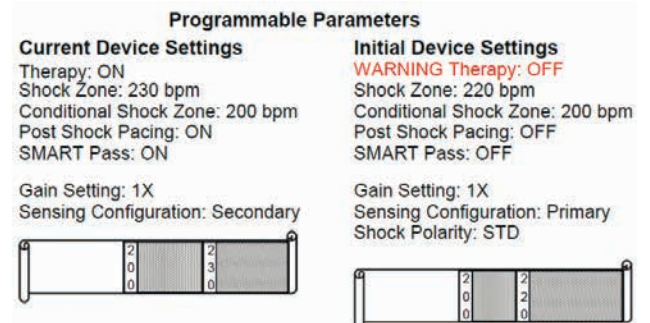


Рис. 4. Программируемые настройки S-ICD.

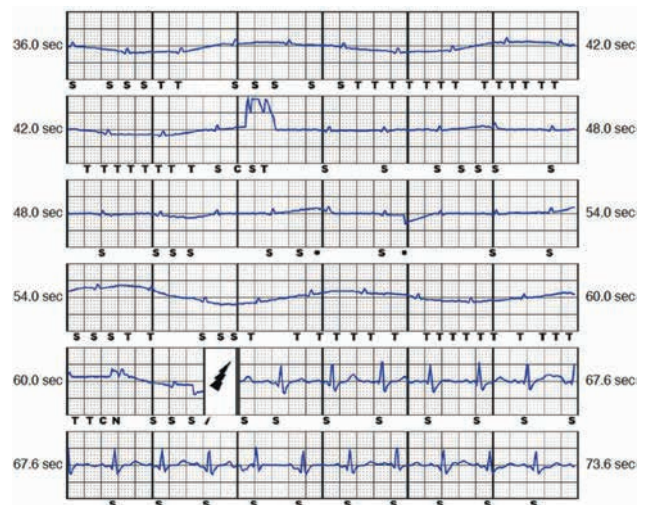


Рис. 5. Оверсенсинг фибрилляции желудочков из-за наличия воздуха в области проксимальной части ложа электрода и, как следствие, неадекватный шок.

первых 3-х лет (13,1%) с преобладанием их в течение первого года. Основными причинами неадекватных шоков были: наджелудочковые тахикардии (24%), восприятие Т-волны (39%), а также восприятие низкоамплитудных сигналов (21%). К формированию низкоамплитудных сигналов может привести скопление воздуха под кожей.

О влиянии воздуха на функционирование монополярных систем стимуляции известно с конца 70-х годов, когда появились публикации о нарушениях в системе кардиостимуляции (неэффективная стимуляция и оверсенсинг), обусловленные скоплением воздуха в ложе имплантированного устройства [8-11].

Скопление воздуха в коннекторной части традиционного ИКД может также стать причиной оверсенсинга с последующим нанесением неадекватных шоков [12-14]. При введении электрода этот воздух начинает выходить в виде пузырьков через герметизирующие винты, втулку в случае ее повреждения или неплотного закрытия отверстия. Сигналы, создаваемые пузырьками, воспринимаются аппаратом и при большом их количестве могут быть трактованы как желудочковая тахисистолия. Данный феномен наблюдается после имплантации, и обычно данное состояние разрешается в течение 24-х часов после операции.

Нанесение неадекватных шоков, вызванных скоплением воздуха около воспринимающего дистального полюса электрода, включенного в вектор восприятия системы S-ICD, впервые описано M.M.Zipse et al. [15]. Оверсенсинг проявился в раннем послеоперационном периоде при использовании трехинцизионной техники. На сегодняшний день в литературе имеются описания подобных ситуаций с наличием воздуха как в дистальной части ложа электрода [15, 16], так и в проксимальной [17, 18]; как при использовании техники 3-х разрезов [15, 16, 19], так и 2-х разрезов [18, 20].

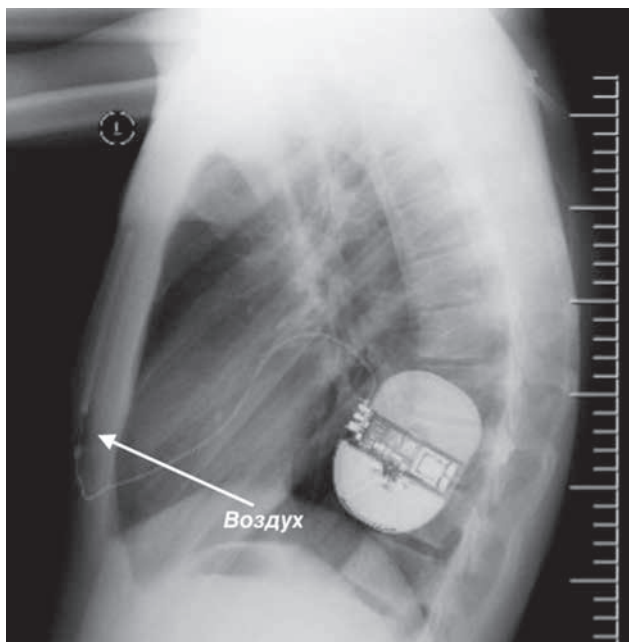


Рис. 6. Обзорная рентгенография органов грудной клетки в левой косой проекции. Воздух вокруг электрода (указан стрелкой).

Находящийся под кожей воздух создает изоляционный слой между воспринимающим полюсом и окружающими тканями, что приводит к неполному контакту электрода с тканями, в результате чего сигналы становятся низкоамплитудными. Восприятие сигналов низкой амплитуды обусловлено тем, что минимальное значение чувствительности подкожного дефибриллятора ниже, чем в традиционном ИКД - 0,08 мВ. При снижении амплитуды собственных сигналов происходит адаптация чувствительности, вследствие чего воспринимаются артефакты, создаваемых воздухом. В подкожных дефибрилляторах имеется алгоритм Smart Pass, который был разработан для снижения избыточного восприятия сигналов, поддерживая при этом соответствующий коэффициент безопасности для восприятия сигналов. Благодаря этому алгоритму устройство постоянно мониторирует амплитуду сигнала подкожной ЭКГ, но, в случае подозрения на недостаточное его восприятие, происходит автоматическое отключение функции Smart Pass. Поскольку в представленном случае амплитуда сигнала уменьшилась из-за наличия воздуха, произошло отключение алгоритма Smart Pass, что и было обнаружено при опросе S-ICD. Отключение алгоритма, скорее всего, не повлияло на выполнение неадекватной терапии, так как основное его предназначение - предотвращение восприятия Т-волны, особенно при выполнении нагрузки [21].

Одни авторы полагают, что при двухинцизионной технике без фиксации кончика электрода к подлежащей фасции создаются условия для движения кончика и скопления воздуха около дистального полюса. Кроме того, при использовании интродьюсера для проведения электрода воздух может скопиться на протяжении электрода и вокруг воспринимающих полюсов [20]. Другие авторы считают, что отсутствие дополнительного разреза около дистального полюса электрода снижает вероятность скопления воздуха в этой области [7, 18].

В большинстве случаев феномен оверсенсинга из-за скопления воздуха под кожей проявляется в первые 48 часов после выполненного оперативного вмешательства. Однако, в литературе приводится описание случая осуществления неадекватной терапии вследствие подобного оверсенсинга, возникшего на 4-е сутки после операции и сохраняющегося до 13 дня после имплантации. При использовании метода 2-х разрезов временной период может быть короче: менее 24-х часов [18, 20].

По данным литературы, признаки, характерные для нанесения шока вследствие скопления воздуха, включают в себя:

- нанесение разряда преимущественно в первые дни после имплантации системы подкожного дефибриллятора;
- наличие специфических признаков на подкожной ЭКГ (внезапное смещение изолинии и низко амплитудные спонтанные сигналы);
- наличие воздуха вокруг воспринимающего полюса на рентгенограмме грудной клетки (в ряде случаев воздух может не определяться); возможно временное повышение импеданса электрода;
- исчезновение воздуха в течение недели.

Для предотвращения развития воздушного оверсенсинга предлагается выполнить ряд действий [19]. Ткани должны быть влажными, для этого следует оросить их стерильным изотоническим раствором (во избежание «сухого кармана»), введение небольшого количества раствора в интродьюсер. Необходимо массирующими движениями выдавливать остаточный воздух из ложа электрода и устройства во время и сразу после имплантации системы. Предпринимать меры предосторожности, чтобы не впустить воздух в раны (избегать тупое рассечение тканей пальцами при создании вертикального туннеля, тщательное наложение швов во избежание создания мертвого пространства в подкожных тканях).

Gamble J.H. et al. [18] предлагают введение стерильной воды область проксимального полюса для снижения риска задержки воздуха.

В нашем случае была использована техника двух разрезов, нанесение разряда произошло менее, чем через сутки после оперативного вмешательства. Поскольку вектор восприятия был определен как вторичный, то есть, между дистальным полюсом электрода и корпусом аппарата, и произошел оверсенсинг, мы полагаем, что изначально воздух был именно в этой области, а потом переместился вниз в результате нанесенного разряда, где он и определялся при рентгенографии - в области проксимального полюса.

Одним из профилактических решений данной проблемы, по нашему мнению, является заполнение разрывного интродьюсера раствором анестетика длинной иглой сразу после извлечения из него туннелятора и перед введением электрода. Это позволит не только уменьшить болевой синдром в раннем послеоперационном периоде, с одной стороны, но и избежать появление воздуха с другой.

Некоторые авторы предлагают в целях профилактики неадекватной терапии использовать незадействованный вектор [20]. У данного пациента исходно приемлемыми были вторичный и альтернативный векторы. Альтернативный вектор захватывает проксимальный полюс электрода, около которого был выявлен воздух. Это не позволило использовать его для процесса обнаружения сигналов. При повторной автоматической настройке снова был предложен вторичный вектор. Хотя вокруг дистального полюса воздуха обнаружено не было, мы временно отключили терапию. Таким образом, с целью исключения или уменьшения подобных событий у пациентов с первичной профилактикой как вариант возможно отключение терапии на первые 48 часов после имплантации устройства.

Таким образом, знание возможных осложнений, соответствующее ведение операционного процесса, послеоперационного периода поможет снизить частоту неадекватных шоков, что критично для снижения morbidity.

ЛИТЕРАТУРА

1. Priori SG, Blomström-Lundqvist C, Mazzanti A, et al. ESC Guidelines for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death. *Eur Heart J*. 2015;36(41):2793-2867.
2. Clinical Cardiac Pacing, Defibrillation and Resynchronization Therapy. Ellenbogen K.A., Wilkoff B.L., Neal Kay G., et al. 5th edition. 2017.
3. Rusanov A., Spotnitz H M., A 15-Year Experience with Permanent Pacemaker and Defibrillator Lead and Patch Extractions. *Ann Thorac Surg* 2010; 89:44 -50.
4. Burke M.C., Gold M.R., Knight B.P., et al. Safety and Efficacy of the totally subcutaneous implantable defibrillator: 2-year results from a pooled analysis of the IDE Study and EFFORTLESS Registry. *J Am Coll Cardiol* 2015; 65: 1605-1615.
5. Chen CF, Jin CL, Liu MJ, Xu YZ. Efficacy, safety, and in-hospital outcomes of subcutaneous versus transvenous implantable defibrillator therapy: A meta-analysis and systematic review. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(19):e15490.
6. Tachibana M, Nishii N, Banba K, et al. SMART pass will prevent inappropriate operation of S-ICD. *J Arrhythm*. 2018;35(1):86-91.
7. Ревিশвили А.Ш., Неминуцкий Н.М., Баталов Р.Е., и соавт. Всероссийские клинические рекомендации по контролю над риском внезапной остановки сердца и внезапной сердечной смерти, профилактике и оказанию первой помощи. *Вестник аритмологии*. 2017. Т. 89. С. 2-104 [Revishvili A.S., Neminuschii N.M., Batalov R.E., et al. Russian clinical recommendations for the control of the risk of sudden heart stop and sudden heart death, prevention and first aid measures // *Journal of arrhythmology*. 2017. Vol. 89. P. 2-104 (In Russ.)].
8. Knops R.E., Olde Nordkamp L.R., de Groot, J.R. Wilde Arthur A.M. Two- incision technique for implantation of the subcutaneous implantable cardioverter-defibrillator. *Heart Rhythm*. 2013;10:1240-1243.
9. Kreis D.J., LiGalzi L., Shaw R.K. Air entrapment as a cause of transient cardiac pacemaker malfunction. *Pacing Clin Electrophysiol*. 1979;2:641-644.
10. Blackwell R.A., Rha-Waitze S.Y., Johnson A., et al. Failure of unipolar pacemaker secondary to subcutaneous emphysema. *J Card Surg*. 1997;12:282-3.
11. Santomauro M., Ferraro S., Maddalena G., et al. Pacemaker Malfunction Due to Subcutaneous Emphysema - A Case Report. *Angiology*. 1992;43: 873-976.
12. Melzer C., Witte H.J., Bauman G., et al. Transient Exit Block of a DDD Pacemaker with Unipolar Leads in Subcutaneous Emphysema Following Pneumothorax. *PACE* 2001; 24:893-894.
13. Swerdlow Ch., Asirvatham S., Ellenbogen K., et al. Troubleshooting Implantable Cardioverter-Defibrillator Sensing Problems I. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2014;7:1237-1261.
14. Cheung J., Iwai S., Lerman B., et al. Shock-induced ventricular oversensing due to seal plug damage: A potential mechanism of inappropriate device therapies in implantable cardioverter-defibrillators. *Heart Rhythm*. 2005;2:1371-1375.
15. Ng K., Gould P. Acute transient non-physiological over-sensing in the ventricle with a DF4 lead. *Indian Pacing and Electrophysiology Journal*. 2015;15: 216-219.

16. Zipse M.M., Sauer W.H., Varosy P.D., et al. Inappropriate shocks due to subcutaneous air in a patient with a subcutaneous cardiac defibrillator. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2014;7:768 - 770.
17. Taguchi Y., Ishikawa T., Matsumoto K., et al. An Inappropriate Shock Case Early after Implantation of a Subcutaneous Cardiac Defibrillator by Subcutaneous Entrapped Air. *Int Heart J.* 2018; 59: 417-419.
18. Yap S., Bhagwandien R.E., Szili-Torok T., et al. Air entrapment causing early inappropriate shocks in a patient with a subcutaneous cardioverter-defibrillator. *Heart Rhythm.* 2015;1:156 - 158.
19. Gamble J.H., Grogono J, Rajappan k. et al. Letter by Gamble, et al. Regarding Article, “Inappropriate Shocks due to Subcutaneous Air in a Patient With a Subcutaneous Cardiac Defibrillator” *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2014;7:1281.
20. Lee S., Souvaliotis N., Mehta D., et al. Inappropriate shock in a subcutaneous cardiac defibrillator due to residual air. *Clin Case Rep.* 2017;5:1203-1206.
21. Chinitz J.S., Nadraus P., Darge A., et al. Inappropriate Shocks within 24 hours after Implantation of a Subcutaneous Defibrillator with a Two-incision Technique. *J of Innovations in Card Rhythm Manag.* 2016;7:2295-2298.
22. Tachibana M, Nishii N, Banba K. SMART pass will prevent inappropriate operation of S-ICD. *Journal of Arrhythmia.* 2018;1-6.