

<https://doi.org/10.35336/VA-2020-4-17-23>

ВОЗМОЖНОСТИ И МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИЗИОТЕРАПИИ У ПАЦИЕНТОВ С ИМПЛАНТИРОВАННЫМИ АНТИАРИТМИЧЕСКИМИ УСТРОЙСТВАМИ

Б.Г.Искендеров, Т.В.Лохина, И.Н.Можжухина, А.В.Зайцева

Пензенский институт усовершенствования врачей - филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Пенза, Россия

Рассматриваются факторы, способные потенциально вызвать электромагнитную интерференцию (ЭМИ) имплантируемых антиаритмических устройств (ИАУ) при проведении различных методов физиотерапии. Обсуждаются механизмы дисфункций ИАУ, вызванных ЭМИ, и меры безопасности использования физиотерапевтического лечения.

Ключевые слова: имплантируемые антиаритмические устройства; имплантируемые кардиовертеры-дефибрилляторы; электрокардиостимулятор; электромагнитная интерференция; физиотерапия

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии потенциального конфликта интересов

Рукопись получена: 20.10.2020 **Исправленная версия получена:** 18.12.2020 **Принята к публикации:** 22.12.2020

Ответственный автор: Искендеров Бахрам Гусейнович, E-mail: iskenderovbg@mail.ru

Для цитирования: Искендеров БГ, Лохина ТВ, Можжухина ИН, Зайцева АВ. Возможности и меры безопасности использования физиотерапии у пациентов с имплантированными антиаритмическими устройствами. *Вестник аритмологии*. 2020;27(4): 17-23. <https://doi.org/10.35336/VA-2020-4-17-23>.

POSSIBILITIES AND SAFETY MEASURES FOR THE USE OF PHYSIOTHERAPY IN PATIENTS WITH IMPLANTED ANTIARRHYTHMIC DEVICES

B.G. Iskenderov, T.V. Lokhina, I.N. Mozzhukhina, A.V. Zaitseva

Penza Institute for Advanced Medical Studies - a branch of Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Penza, Russia

The factors that can potentially cause electromagnetic interference (EMI) of cardiac implantable electronic devices (CIED) during various methods of physiotherapy are considered. The mechanisms of CIED dysfunctions caused by EMI and safety measures for the use of physiotherapeutic treatment are discussed.

Key words: implantable antiarrhythmic devices; implantable cardioverter-defibrillators; pacemakers; electromagnetic interference; physiotherapy

Conflict of Interests: nothing to declare

Received: 20.10.2020 **Corrected version received:** 18.12.2020 **Accepted:** 22.12.2020

Corresponding author: Bakhram Iskenderov, E-mail: iskenderovbg@mail.ru

For citation: Iskenderov BG, Lokhina TV, Mozzhukhina IN, Zaitseva AV. Possibilities and safety measures for the use of physiotherapy in patients with implanted antiarrhythmic devices. *Journal of Arrhythmology*. 2020;27(4): 17-23. <https://doi.org/10.35336/VA-2020-4-17-23>.

Численность пациентов с имплантированными антиаритмическими устройствами (ИАУ) во всем мире постоянно растет благодаря широкому применению электрокардиостимуляторов (ЭКС), имплантируемых кардиовертеров-дефибрилляторов (ИКД) и кардиоресинхронизирующей терапии (КРТ), а также за счет увеличения продолжительности жизни населения планеты [1-3]. Ежегодно в странах Европы имплантируются в среднем около 800 ЭКС на 1 млн. населения, а во всем мире - суммарно около 700 000 ЭКС [4, 5]. В России проводится около 40 тысяч имплантаций ЭКС, более 2 тысяч имплантаций ИКД и около 1 тысячи КРТ в год [2].

У пациентов с ИАУ одним из важных аспектов реабилитации является определение показаний к фи-

зиотерапевтическому лечению, т. е. выбор безопасного метода физиотерапии и контроль работы ИАУ во время процедуры и после нее [6-8]. Актуальность данного вопроса связана с необходимостью использования различных методов физиотерапии у пациентов с ИАУ из-за частого выявления коморбидных заболеваний, особенно в пожилом возрасте [9]. О влиянии физиотерапевтических процедур с использованием источников электромагнитных помех для ИАУ сообщалось на протяжении десятилетий [6, 8, 10, 11]. Тем не менее, степень безопасности физиотерапии у пациентов с ИАУ до сих пор обсуждается. Учитывая отсутствие убедительных данных о безопасности, понятно, что физиотерапевты склонны к консервативному подходу

решения, отказываясь от лечения этих пациентов [12, 13]. Однако, как показано, рост популяции пациентов с ИАУ во всем мире, предполагает, и возросшую потребность в различных методах физиотерапии [10, 14-16].

Несмотря на это, среди специалистов преобладает мнение о нецелесообразности применения физиотерапии у пациентов с ИАУ из-за потенциального риска нарушения эффективности этих устройств и непредсказуемой реакции пациента [8, 17-19]. Поэтому в реальной практике пациенты с ИАУ нередко и необоснованно лишаются возможности получить определенную пользу от применения физиотерапии. Современные положения о показаниях и противопоказаниях к отдельным методам физиотерапии у пациентов с ИАУ, в основном, базируются на клинических рекомендациях международных медицинских сообществ и производителей этих устройств [1, 2, 7].

Технические характеристики ЭКС и риск возникновения электромагнитной интерференции (ЭМИ)

Необходимо отметить, что практически все современные модели имплантируемых ЭКС имеют режимы физиологической стимуляции «по требованию», т.е. воспринимают сердечные и внесердечные электрические потенциалы и обеспечивают работу ЭКС в режимах ингибируемой и/или синхронизирующей электростимуляции (ЭС) камер сердца [2, 3, 13, 20]. Кроме того, используемые в настоящее время ИАУ являются сложными программируемыми устройствами, обладающими большим количеством терапевтических и диагностических функций, и поэтому нуждаются в профилактическом техническом контроле, а при необходимости в программировании различных параметров их работы, как с целью оптимизации терапевтической эффективности, так и для устранения некоторых осложнений [1, 4, 21].

Как известно, удельный вес физиологических режимов ЭС с применением мультифокальных и частотно-адаптивных ЭКС в ведущих странах мира составляет более 50%, которые существенно увеличивают толерантность пациентов к физической нагрузке и их выживаемость по сравнению с фиксированной и однокамерной желудочковой ЭС [1, 2, 20]. Разработка мультисенсорных систем обеспечивает надежную частотную адаптацию современных ЭКС и, тем самым, расширяет их терапевтические возможности в поддержании высокой физической активности пациентов [12, 14, 20]. Еще одним достижением последних лет является создание имплантируемых «безэлектродных» ЭКС, которые из-за отсутствия электродов, минимальных размеров и внутрисердечного расположения самого аппарата, делают эти системы менее уязвимыми к внешним электромагнитным воздействиям [22].

Следует отметить, что использование монополярной ЭС повышает уязвимость имплантируемых ЭКС к влиянию внешних электромагнитных полей по сравнению с биполярной ЭС [23, 24]. Кроме того, применение «флотирующих» предсердных электродов биполярной конструкции, используемых для режимов VAT и VDD, способствует снижению чувствительности предсердного канала ЭС и риска ЭМИ [1, 2, 14]. Таким образом, возможность использовать наименьшую чувстви-

тельность ЭКС делает его менее восприимчивым для внешних электромагнитных сигналов [25, 26]. Также могут представлять опасность некоторые виды аппаратной физиотерапии, способные индуцировать ЭМИ, у пациентов с ИКД. Так, в результате ложной детекции частых внешних сигналов как эпизод фибрилляции желудочков и/или пароксизм желудочковой тахикардии, могут провоцироваться высокоэнергетические разряды и/или антитахикардическая ЭС [27-29].

При анализе причин ЭМИ выделяют пациент-связанные факторы, характеристики физиотерапевтического метода и факторы, связанные с техническими свойствами ИАУ. Так, при определении риска ЭМИ и ее последствий для пациентов, нуждающихся в физиотерапии, необходимо оценить ЭКС-зависимость пациента с помощью пробы с временным отключением ЭКС [23, 30]. Как известно, около 20% от общего числа пациентов с ЭКС, имевшие симптоматическую брадикардию, оказываются ЭКС-зависимыми [2, 5, 14]. Необходимо отметить, что нарушения функций ЭКС, вызванные ЭМИ, могут представлять угрозу для жизни не только самого пациента, но и для окружающих его людей [8, 31, 32].

Среди потенциальных причин возникновения ЭМИ необходимо отметить электрические характеристики ИАУ. В современных моделях имплантируемых ЭКС амплитуды напряжения стимулирующего импульса колеблются в широком диапазоне - от 1,0 В до 6-8 В, амплитуда детектируемых предсердных сигналов - в пределах 0,2-0,6 мВ и желудочковых сигналов - от 1,5 до 4,5 мВ [4, 6, 8, 11]. Это может вызвать ингибицию ЭС или запуск немотивированной электротерапии ИКД во время физиотерапевтической процедуры [10, 15, 27, 33]. Кроме того, известно, что временное программирование в режимы асинхронной ЭС по сравнению с режимами, управляемыми с сердечными сигналами, делает ЭКС менее уязвимыми к электромагнитным помехам [12, 18, 30, 34]. У пациентов с частотно-адаптивными ЭКС в режиме DDD-стимуляции восприятие внесердечных сигналов, подаваемых оборудованием для физиотерапии, способно провоцировать тахикардию, обусловленную Р-синхронизированной желудочковой ЭС [16, 20, 24]. Также показано, что в отличие от однокамерной желудочковой ЭС при предсердной и двухкамерной предсердно-желудочковой ЭС чаще возникает нарушение чувствительности и/или захвата импульса, связанное с относительно высокой чувствительностью и низкой амплитудой импульсов предсердного канала ЭС [8, 35].

Возможности и безопасность применения физиотерапевтических процедур

Ограничения функциональных возможностей пациентов с ЭКС и сужение сферы их жизнедеятельности также связаны с невозможностью выполнения некоторых видов физиотерапии [4, 19, 30]. Следует отметить, что показания и противопоказания к проведению физиотерапевтического лечения у пациентов с ИАУ в большей степени зависят от характеристик конкретного метода физиотерапии [5, 11, 36, 37]. Использование методов физиотерапии, основанной на биологических и терапевтических эффектах, создаваемых постоян-

ным и импульсным электрическим током, магнитным полем и электромагнитными полями высокой частоты, представляют высокий риск для работы ИАУ [32-34, 37, 38]. Клиническими последствиями ЭМИ со стороны имплантированных ЭКС могут быть сердцебиение и/или конкуренция собственного и искусственного ритмов, головокружение, синкопе и даже внезапная смерть, возникающие во время сеанса физиотерапии [27, 28, 31].

По данным разработчиков ИАУ и медицинских ассоциаций, к физиотерапевтическим методам, вызывающим минимальный риск возникновения ЭМИ, относятся [6]: пульсовая радиотерапия (если не выполняется через ложе ЭКС); лазеротерапия; ультразвуковая терапия; гипербарическая кислородная терапия; магнитотерапия; фототерапия; электросонотерапия. Наоборот, не рекомендуется использовать такие методы физиотерапии как интерференционная электротерапия, микротоковая электротерапия, чрескожная электронейростимуляция, дидинамотерапия, коротко-импульсная электроаналгезия, диатермия, дециметровая и сантиметровая волновая терапия.

Физиотерапевтические устройства, создающие электромагнитные поля, могут вызвать следующие нарушения системы ЭС: ингибция ЭС; снижение или повышение чувствительности ЭКС (гипо- и гиперсенсинг); автоматическое переключение ЭКС в асинхронный режим ЭС; учащение частоты импульсов (эффект наружного магнита); снижение амплитуды импульса и т.д. [8, 16, 19, 32]. Влияние ЭМИ иногда проявляется возвратом в резервный режим ЭС, преходящим повышением порога ЭС или потерей захвата импульса, а также повреждением генератора и электронной схемы, требующие реимплантации ЭКС [10, 15, 18].

Эти индуцированные изменения зависят от: применяемой мощности электрического тока; расстояния между ЭКС и участком тела, подвергающимся физиотерапевтическому воздействию; расположения ЭКС и стимулирующих электродов относительно электромагнитного поля; функциональных параметров ЭКС [23-25]. Нередко индуцированные нарушения ЭС спонтанно исчезают сразу после прекращения сеанса физиотерапии, а при необходимости устраняются путем перепрограммирования параметров ЭС [17, 39].

Необходимо отметить, что крупных рандомизированных клинических исследований по изучению риска возникновения ЭМИ у пациентов с ИАУ при использовании различных методов физиотерапии не проводилось. Рекомендации о возможности и безопасности применения того или другого метода физиотерапии у данной категории пациентов основываются на отдельных клинических наблюдениях или исследованиях с малой выборкой. Тем не менее, большинство производителей ИАУ такие методы физиотерапии как диатермия, чрескожная электронейростимуляция и интерференционная электротерапия рассматривают протипоказанными для пациентов с ИАУ [15, 40, 41].

При коротковолновой диатермии применяется радиочастотное электромагнитное излучение, создаваемое постоянным или импульсным током. По этой причине данное лечение потенциально опасно исполь-

зовать у пациентов с ИАУ [7, 37]. Однако результаты исследований по использованию различных видов диатермии у пациентов с ИАУ противоречивы и рандомизированных исследований по этическим соображениям не проведено [4, 10, 11, 34]. Возможными последствиями ЭМИ при использовании диатермии являются: снижение амплитуды и отсутствие захвата импульса; учащение частоты импульсов ЭКС; ингибция ЭС или переход в асинхронный режим ЭС; риск немотивированной ИКД-терапии; повреждение электронной схемы ЭКС из-за эффекта нагрева. Эти индуцированные изменения ЭКС после прекращения процедуры нередко возвращаются к исходным параметрам. Тем не менее, Американское управление по контролю качества пищевых продуктов и лекарств (The US Food and Drug Administration) распространила предупреждение против использования диатермии у пациентов с ЭКС и ИКД после двух смертельных исходов, возникших во время диатермии [42].

Клинические случаи, относящиеся к применению интерференционной электротерапии у пациентов с ИАУ, единичны. В одном клиническом наблюдении, у пациента с двухкамерной предсердно-желудочковой ЭС (режим DDD) во время процедуры был выявлен переход в асинхронный режим ЭС и развитие тахикардии, как следствие восприятия высокочастотных внешних сигналов, имитирующих предсердные волны [10]. Эти изменения оказались временными, и после прекращения процедуры восстанавливались исходные параметры ЭС.

Чрескожная электронейростимуляция (ЧЭНС) является, пожалуй, самым изученным методом физиотерапии с точки зрения его взаимодействия с ИАУ [15, 41, 43]. Изучение возможных эффектов взаимодействия ЧЭНС и имплантируемых ЭКС показало, что ЧЭНС можно безопасно использовать у пациентов с современными ЭКС, имеющими защитное экранирование, а также при наличии биполярного режима ЭС со сниженной чувствительностью [44, 45]. Однако описаны единичные клинические наблюдения, демонстрирующие возникновение ЭМИ, индуцированной ЧЭНС. При этом выявлено снижение чувствительности предсердного и/или желудочкового каналов ЭС, а также возникновение немотивированной ИКД-терапии, что объясняется восприятием серий низковольтных сигналов, которые интерпретировались как фибрилляция желудочков [18, 27, 46].

О безопасности лазерной терапии у пациентов с ИАУ известно немного. Изучение возможного влияния устройств, используемых для лазерной терапии, на функции ИАУ показало, что создаваемое электрическое и магнитное поля вокруг прибора и в зоне лечения были ниже установленного порога чувствительности ЭС [47]. Обеспечение необходимого расстояния между лазерным блоком и пациентом с ИАУ представляется разумным способом избежать чрезмерного воздействия электромагнитных помех. Кроме того, из-за однократного быстрого разряда в системе импульсного света изменения напряженности электромагнитного поля оказываются слишком быстрыми для влияния на работу ИАУ. Предполагают,

что применение лазера не представляет опасности для пациента с ИАУ и его относительная безопасность сопоставима с ультразвуком, постоянным током, термолечением и фототерапией [48-50].

Технологии и профилактические меры, направленные на повышение помехоустойчивости ИАУ

В современных моделях ЭКС применяются различные меры по повышению их помехоустойчивости [51, 52]. Так, неблагоприятные эффекты ЭМИ при использовании физиотерапевтических процедур могут быть предотвращены за счет специальных технологий, разрабатываемых в последние годы некоторыми производителями ИАУ [17, 40]. Важной является экранирование электронной схемы ЭКС, т.е. размещение ее внутри герметичного корпуса из титана или нержавеющей стали, часто имеющих дополнительное изоляционное покрытие, которые делают ЭКС менее восприимчивым к электромагнитным полям [43]. Кроме того, широко используются полосовые фильтры, защищающие ЭКС от высокочастотных полей, и тем самым, предотвращая детекцию внешних электрических сигналов, способных вызвать ЭМИ [23]. В последние годы стали применяться устройства, автоматически переводящие ЭКС в асинхронный режим ЭС при наличии интенсивной помехи. В этой связи внедрение в клиническую практику ИКД с алгоритмом для безопасного выполнения магнитно-резонансной томографии представляет интерес для оценки их безопасности при выполнении аппаратной физиотерапии [2, 21].

Возникновение ЭМИ во время сеанса физиотерапии может быть предотвращено при соблюдении мер предосторожности, связанных с методикой проведения физиотерапевтического лечения. В частности, при выполнении процедуры ЧЭНС электроды рекомендуется размещать как можно ближе друг к другу, а расстояние между ними и ЭКС или ИКД должно быть не менее 15 см [15, 36, 41]. Следует постоянно поддерживать высокую частоту тока (более 30 Гц) [6, 8, 26]. Риск возникновения ЭМИ практически исключается, если физиотерапия проводится в дистальных участках тела, т.е. при расположении электродов в области конечностей [37]. Также необходимо отметить, что при переносимости физиотерапевтической процедуры экспозиция сеанса не имеет большого значения, так как риск возникновения ЭМИ не зависит от кумулятивного физического воздействия. Однако в тестирующем режиме интенсивность электромагнитного воздействия физиотерапии должна оптимизироваться так, чтобы обеспечить максимальную безопасность процедуры. С этой целью в последние годы используют различные портативные симуляторы, позволяющие имитировать взаимодействие определенного имплантированного ЭКС и электрических и/или магнитных полей, создаваемых лечебно-диагностическим оборудованием [53, 54]. Данная процедура у конкретного пациента помогает выявлять потенциальный риск возникновения ЭМИ и способы ее устранения путем временного программирования параметров ЭС.

Для предупреждения возникновения ЭМИ при электротерапии и у ЭКС-независимых пациентов из-

учался эффект целенаправленного отключения ЭС путем снижения амплитуды импульса ниже порога захвата и/или уменьшения частоты импульсов с появлением спонтанного ритма сердца [10, 15]. При этом существенного ухудшения самочувствия пациентов не отмечалось. Кроме того, показано, что использование наружного магнита, помещенного в области ЭКС, может предупредить ингибицию ЭС во время физиотерапевтической процедуры, приводя R- и P-запрещаемые режимы ЭС в асинхронные режимы с фиксированной частотой импульсов [13, 16].

При определении целесообразности проведения физиотерапии важно учитывать ее максимальную безопасность и с этой целью может быть рекомендовано временное перепрограммирование некоторых функций ИАУ: 1) запрограммировать на биполярный режим ЭС; 2) оценить необходимость асинхронной ЭС, в том числе путем использования наружного магнита; 3) запрограммировать ЭКС на минимальную чувствительность, если это не вызывает конкуренции спонтанного и искусственного водителей ритма; 4) запрограммировать ток импульса ЭКС на максимальную величину; 5) у пациентов, имеющих частотно-адаптивные ЭКС, должна быть выключена функция частотной адаптации; 7) для контроля работы ЭКС и выявления возможных нарушений ЭС после выполнения физиотерапевтической процедуры требуется запись ЭКГ, и только при необходимости может быть проведено программирование ЭКС.

Однако повторное тестирование и перепрограммирование параметров ЭС до и после сеанса физиотерапии является трудоемким занятием. Поэтому при обосновании целесообразности применения конкретного метода физиотерапии у пациентов с ИАУ необходимо учитывать соотношение риска и ожидаемой пользы от этого вида лечения. С учетом этих обстоятельств предлагаем конкретизировать условия применения аппаратной физиотерапии у пациентов с имплантируемыми ЭКС: 1) допустимо использование тех методов физиотерапии, которые имеют минимальный риск ЭМИ; 2) исключение группы пациентов, являющихся «ЭКС-зависимыми», и имеющих ИКД; 3) отсутствие необходимости перепрограммирования ЭКС до и после физиотерапевтической процедуры, если данное лечение выполняется в области верхних и нижних конечностей; 4) обратимость индуцированных физиопроцедурой изменений параметров ЭС сразу после прекращения физического воздействия; 5) первый сеанс физиотерапии должен выполняться в тестовом режиме с оценкой работы ЭКС и выбора оптимальных характеристик метода физиотерапии; 6) физиотерапевтическое лечение рекомендуется проводить в клинике, которая располагает специалистами, владеющими навыками лечения нарушений сердечного ритма и/или контроля работы ЭКС.

Также важно контролировать состояние пациента, показатели артериального давления и частоты пульса во время физиотерапевтической процедуры [11, 26]. В ходе сеанса физиотерапии с пациентом должен поддерживаться диалог и визуальный контакт. При возможности процедура должна выполняться в гори-

зонтальном положении пациента, что исключает травмы в случае возникновения синкопе из-за ингибции ЭС [40]. В случае предъявления пациентом жалоб об ухудшении самочувствия процедура прекращается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, для определения показаний и противопоказаний и обеспечения безопасности применения различных методов физиотерапии необходимо понимать принципы их работы, а также режимы функционирования ИАУ. Разумеется, пациенты с ИАУ, нуждающиеся в физиотерапевтическом лечении, должны тщательно обследоваться в отношении риска возникновения ЭМИ. Оптимальным решением вопроса о целесообразности и безопасности физиотерапевтического лечения у пациентов с ИАУ является проведение консультации междисциплинарной врачебной бригадой в составе физиотерапевта, кардиолога и специалиста центра по лечению аритмий сердца. Также следует учитывать рекомендации производителей имплантируемых антиаритмических устройств относительно противопоказаний для отдельных методов физиотерапии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Brignole M, Auricchio A, Baron-Esquivias G, et al. 2013 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy: The Task Force on cardiac pacing and resynchronization therapy of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the European Heart Rhythm Association. *Eur Heart J*. 2013;34(29): 2281-329. DOI: 10.1093/europace/eut206.
2. Ревишвили АШ, Шляхто ЕВ, Попов СВ, и др. Клинические рекомендации по проведению электрофизиологических исследований, катетерной абляции и применению имплантируемых антиаритмических устройств. М., 2017:156-76. [Revishvili ASH, Shlyakhto EV, Popov SV, et al. Clinical recommendations for electrophysiological studies, catheter ablation and implantable antiarrhythmic devices. М., 2017:156-76. (In Russ.)]. Available from: vnoa.ru/literature.
3. de Vries LM, Dijk WA, Hooijschuur CA, et al. Utilisation of cardiac pacemakers over a 20-year period: Results from a nationwide pacemaker registry. *Neth Heart J*. 2017;25(1): 47-55. DOI: 10.1007/s12471-016-0880-0.
4. Marinskis G, van Erven L, Bongiorni MG, et al. Practices of cardiac implantable electronic device follow-up: results of the European Heart Rhythm Association survey. *Europace*. 2012;14: 423-25. DOI: 10.1093/europace/eus020.
5. Iliou MC, Blanchard JC, Lamar-Tanguy A, et al. Cardiac rehabilitation in patients with pacemakers and implantable cardioverter defibrillators. *Monaldi Arch Chest Dis*. 2016;86(1-2): 756-62. DOI: 10.4081/monaldi.2016.756.
6. Digby GC, Daubney ME, Baggs J, et al. Physiotherapy and cardiac rhythm devices: a review of the current scope of practice. *Europace*. 2009;11(7):850-59. DOI: 10.1093/europace/eup102.
7. Belyaev I, Dean A, Eger H, et al. EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses. *Rev Environ Health*. 2016;31(3): 363-97. DOI: 10.1515/reveh-2016-0011.
8. King J, Anderson CM. Patient safety and physiotherapy: What does it mean for your clinical practice? *Physiother Can*. 2010;62(3): 172-75. DOI: 10.3138/physio.62.3.172.
9. Lim WY, Prabhu S, Schilling RJ. Implantable cardiac electronic devices in the elderly population. *Arrhythm Electrophysiol Rev*. 2019;8(2): 143-46. DOI: 10.15420/aer.2019.3.4.
10. Badger J, Taylor P, Swain I. The safety of electrical stimulation in patients with pacemakers and implantable cardioverter defibrillators: A systematic review. *J Rehabil Assist Technol Eng*. 2017;4: 1-9. DOI: 10.1177%2F2055668317745498.
11. Digby GC, Femenía F, Baranchuk A. Cardiac implantable devices and physiotherapy practices interaction: myth or real? *Medicina*. 2011;1(2): 174-78.
12. Czermak T, Fichtner S. Cardiac implantable electronic devices: electromagnetic interference from electrocauterization, lithotripsy and physiotherapy. *Herzschrittmacherther Elektrophysiol*. 2019;30(2): 168-76. DOI: 10.1007/s00399-019-0620-4.
13. Vardas PE, Simantirakis EN, Kanoupakis EM. New developments in cardiac pacemakers. *Circulation*. 2013;127(23):2343-50. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.000086
14. Greenspon AJ, Patel JD, Lau E, et al. Trends in permanent pacemaker implantation in the United States from 1993 to 2009: increasing complexity of patients and procedures. *JACC*. 2012;60: 1540-45. DOI: 10.1016/j.jacc.2012.07.017.
15. Kamiya K, Satoh A, Niwano S, et al. Safety of neuromuscular electrical stimulation in patients implanted with cardioverter defibrillators. *J Electrocardiol*. 2016;49: 99-101. DOI: 10.1016/j.jelectrocard.2015.11.006.
16. Misiri J, Kusumoto F, Goldschlager N. Electromagnetic interference and implanted cardiac devices: the medical environment (part II). *Clin Cardiol*. 2012;35: 321-28.

DOI: 10.1002/clc.21997.

17. Corzani A, Ziacchi M, Biffi M, et al. Clinical management of electromagnetic interferences in patients with pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators: review of the literature and focus on magnetic resonance conditional devices. *J Cardiovasc Med*. 2015;16(10): 704-13. DOI: 10.2459/jcm.0000000000000301.
18. Egger F, Hofer C, Hammerle FP, et al. Influence of electrical stimulation therapy on permanent pacemaker function. *Wien Klin Wochenschr*. 2019;131(13-14): 313-20. DOI: 10.1007/s00508-019-1494-5.
19. Yildiz BS, Findikoglu G, Alihanoglu YI, et al. How do patients understand safety for cardiac implantable devices? Importance of postintervention education. *Rehabil Res Pract*. 2018;2018: 5689353. DOI: 10.1155/2018/5689353.
20. Das A., Kahali D. Physiological cardiac pacing: current status. *Indian Heart J*. 2016;68(4): 552-58. DOI: 10.1016/j.ihj.2016.03.033.
21. Steffen MM, Osborn JS, Cutler MJ. Cardiac implantable electronic device therapy: permanent pacemakers, implantable cardioverter defibrillators, and cardiac resynchronization devices. *Med Clin North Am*. 2019;103(5): 931-43. DOI: 10.1016/j.mcna.2019.04.005.
22. Tjong FV, Reddy VY. Permanent leadless cardiac pacemaker therapy. *Circulation*. 2017;135(15): 1458-70. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.025037.
23. Искендеров БГ, Лохина ТВ, Беренштейн НВ. Безопасность использования лечебно-диагностических процедур, вызывающих электромагнитную интерференцию у пациентов с имплантированными электрокардиостимуляторами. *Международный журнал сердца и сосудистых заболеваний*. 2020;8(27):50-9. [Iskenderov BG, Lokhina TV, Berenshtejn NV. Safety of Implementation of diagnostic and therapeutic methods inducing electromagnetic interference in patients with implanted pacemakers. *International Heart and Vascular Disease Journal*. 2020;8(27): 50-9 (In Russ.)].
24. Beinart R, Nazarian S. Effects of external electrical and magnetic fields on pacemakers and defibrillators. *Circulation*. 2013;128: 2799-809. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.113.005697.
25. Seckler T, Stunder D, Schikowsky Ch, et al. Effect of lead position and orientation on electromagnetic interference in patients with bipolar cardiovascular implantable electronic devices. *Europace*. 2017;19(2): 319-28. DOI: 10.1093/europace/euv458.
26. Gercek C, Kourtiche D, Nadi M, et al. Computation of pacemaker's immunity to 50 Hz electric field: Induced voltages 10 times greater in unipolar than in bipolar detection mode. *Bioengineering*. 2017;4(1): 19-34. DOI: 10.3390/bioengineering4010019.
27. von Olshausen G, Rondak IC, Lennerz C, et al. Electromagnetic interference in implantable cardioverter defibrillators: present but rare. *Clin Res Cardiol*. 2016;105: 657-65. DOI: 10.1007/s00392-019-01589-6.
28. Raitt MH. Inappropriate implantable defibrillator shocks: an adverse outcome that can be prevented. *JACC*. 2013;62(15): 1351-52. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.05.055.
29. Katrib J, Nadi M, Kourtiche D, et al. In vitro assessment of the immunity of implantable cardioverter-defibrillators to magnetic fields of 50/60 Hz. *Physiol Meas*. 2013;34(10): 1281-92. DOI: 10.1088/0967-3334/34/10/1281.
30. Napp A, Stunder D, Ma M, et al. Are patients with cardiac implants protected against electromagnetic interference in daily life and occupational environment? *Eur Heart J*. 2015; 36: 1798-804. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv135.
31. Tseng ZH, Hayward RM, Clark NM, et al. Sudden death in patients with cardiac implantable electronic devices. *JAMA Intern Med*. 2015;175(8): 1342-50. DOI: 10.1001/jamainternmed.2015.2641.
32. Chemello D, Pivatto JF, Pimentel M, et al. Development of ventricular fibrillation after implantation of a biventricular implantable cardioverter defibrillator: what is the mechanism? *Clin Case Rep*. 2017;5(7): 1176-80. DOI: 10.1002/ccr3.1020.
33. Tiikkaja M, Aro AL, Alanko T, et al. Electromagnetic interference with cardiac pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators from low-frequency electromagnetic fields in vivo. *Europace*. 2013;15(3): 388-94. DOI: 10.1093/europace/eus345.
34. Driessen S, Napp A, Schmiedchen K, et al. Electromagnetic interference in cardiac electronic implants caused by novel electrical appliances emitting electromagnetic fields in the intermediate frequency range: a systematic review. *Europace*. 2019;21(2): 219-29. DOI: 10.1093/europace/euy155.
35. Ribatti V, Santini L, Forleo GB, et al. Electromagnetic interference in the current era of cardiac implantable electronic devices designed for magnetic resonance environment. *G Ital Cardiol*. 2017;18(4):295-304. DOI: 10.1714/2683.27472.
36. Пономаренко ГН. Общая физиотерапия. - Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2013:109-71. [Ponomarenko GN. General physiotherapy. Moscow: GEOTAR-Media; 2013:101-71. (In Russ.)]. ISBN 978-5-9704-2577-0.
37. Kulinski W. Physiotherapy in patients with an implanted cardiac pacemaker. *Polish J Physiotherapy*. 2017;17(3): 28-36.
38. Yildiz BS, Findikoglu G, Sanlialp M. A survey of awareness for patients living with cardiac implantable devices. *J Int Res Med Pharmaceut Sci*. 2016;6(2): 76-87. DOI: index.php/JIRMEPS/article/view/1592
39. Физиотерапия. Национальное руководство. Под ред. Пономаренко ГН. - Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2014:111-60. [Physiotherapy. National clinical guidelines. In: Ponomarenko GN, ed. Moscow: GEOTAR-Media; 2014:111-60. (In Russ.)]. ISBN 978-5-9704-3112-2
40. Bryant HC, Roberts PR, Diprose P. Perioperative management of patients with cardiac implantable electronic devices. *BJA Education*. 2016;16(11):3 88-96. DOI: 10.1093/bjaed/mkw020.
41. Cenik F, Schoberwalter D, Keilani M, et al. Neuromuscular electrical stimulation of the thighs in cardiac patients with implantable cardioverter defibrillators. *Wien Klin Wochenschr*. 2016; 128(21-22): 802-8. DOI: 10.1007/s00508-016-1045-2.
42. Shenoy A, Sharma A, Achamyeh F. Inappropriate implantable cardioverter defibrillators discharge related to electrical muscle stimulation in chiropractic therapy: A case report. *Cardiol Ther*. 2017;6(1): 139-43. DOI: 10.1007/s40119-017-0086-6.

43. Gruenwald W, Bhattacharya M, Jansen D, et al. Electromagnetic analysis, characterization and discussion of inductive transmission parameters for titanium-based housing materials in active medical implantable devices. *Materials*. 2018;11(11):2089-116. DOI: 10.3390/ma11112089.
44. Yoshida S, Fujiwara K, Kohira S, et al. Electromagnetic interference of implantable cardiac devices from a shoulder massage machine. *J Artif Organs*. 2014;17(3): 243-9. DOI: 10.1007/s10047-014-0765-1.
45. Cronin EM, Gray J, Abi-Saleh B, et al. Safety of repetitive nerve stimulation in patients with cardiac implantable electronic devices. *Muscle Nerve*. 2013;47: 840-44. DOI: 10.1002/mus.23707.
46. Powell BD, Asirvatham SJ, Perschbacher DL, et al. Noise, artifact, and oversensing related inappropriate ICD shock evaluation: ALTITUDE noise study. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2012;35: 863-69. DOI: 10.1111/j.1540-8159.2012.03407.x.
47. Lister T, Grant L, Lee SM, et al. Electromagnetic interference from lasers and intense light sources in the treatment of patients with artificial pacemakers and other implantable cardiac devices. *Lasers Med Sci*. 2015;30(5): 1619-22. DOI: 10.1007/s10103-013-1470-7.
48. Malm D, Hallberg LR. Patients' experiences of daily living with a pacemaker. *J Health Psychol*. 2016;11(5): 787-98. DOI: 10.1177/1359105306066642.
49. Santini L, Forleo GF, Santini M. Implantable devices in the electromagnetic environment. *J Arrhythmia*. 2013;29(6): 325-33. DOI: 10.1016/j.joa.2013.06.004.
50. Fleeman BE, Aleong RG. Optimal strategies to reduce inappropriate implantable cardioverter-defibrillator shocks. *J Innov Card Rhythm Manag*. 2019;10(4): 3623-32. DOI: 10.19102/icrm.2019.100403.
51. Gifford J, Larimer K, Thomas C, et al. Randomized controlled trial of perioperative ICD management: magnet application versus reprogramming. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2014; 37(9): 1219-24. DOI: 10.1111/pace.12417.
52. Wilkoff BL, Fauchier L, Stiles MK. 2015 HRS/EHRA/APHRS/SOLAECE expert consensus statement on optimal implantable cardioverter-defibrillator programming and testing. *Europace*. 2016;18(2): 159-83. DOI: 10.1093/europace/euv411.
53. Tiikkaja M, Alanko T, Lindholm H, et al. Experimental study on malfunction of pacemakers due to exposure to different external magnetic fields. *J Interv Card Electrophysiol*. 2012;34: 19-27. DOI: 10.1007/s10840-011-9651-4.
54. Stunder D, Seckler T, Joosten S, et al. In vivo study of electromagnetic interference with pacemakers caused by everyday electric and magnetic fields. *Circulation*. 2017;135(9): 907-9. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.024558.