

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2018

УДК 616.12-008.318-089.844:616.126.46-008.64:611.08

Л.А. Бокерия, Б.К. Нуржанов, А.Ю. Городков, А.В. Сергеев, Ю.М. Цыганков

ЗАВИСИМОСТЬ ТРИКУСПИДАЛЬНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ОТ ДИАМЕТРА И ПОЛОЖЕНИЯ ИМПЛАНТИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОДА ДЛЯ ПОСТОЯННОЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯЦИИ И ДЕФИБРИЛЛЯЦИИ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» директор – академик РАН и РАМН Л.А. Бокерия) Минздрава России, Рублевское ш., 135, Москва, 121552, Российская Федерация

Бокерия Лео Антонович, академик РАН и РАМН, директор,
orcid.org/0000-0002-6180-2619;

Нуржанов Байсалбек Кенешбекович, аспирант,
orcid.org/0000-0003-3633-9981;

Городков Александр Юрьевич, доктор биол. наук, руководитель лаборатории моделирования и изучения патологии сердца,
orcid.org/0000-0001-5597-4820;

Сергеев Алексей Викторович канд. мед. наук, ст. науч. сотр.,
orcid.org/0000-0002-2949-3238;

Цыганков Юрий Михайлович, канд. мед. наук, науч. сотр.

Введение. Активное развитие кардиохирургии и клинической аритмологии, в частности электрокардиостимуляции, привело к разработке новых имплантируемых сердечных устройств, таких как имплантируемые кардиовертеры-дефибрилляторы (ИКД) и постоянные электрокардиостимуляторы (ЭКС). В настоящее время общепринятым методом стимуляции является имплантация электрода в верхушку правого желудочка или в межжелудочковую перегородку. Однако электрод, проходя через клапан, взаимодействует с его элементами и может повлиять на функционирование клапана и создать неблагоприятные условия для коаптации створок клапана.

Целью данного экспериментального исследования является оценка степени недостаточности трикуспидального клапана (НТК) в зависимости от диаметра и положения электрода, установленного в полости правого желудочка для ЭКС или ИКД.

Материал и методы. Экспериментальное исследование проводили в лаборатории моделирования и изучения патологии сердца НМИЦССХ им. А.Н. Бакулева Минздрава России. Для измерений использовали 25 свиных сердец, извлеченных из трупов убойного скота. Для исследования использовали эндокардиальные электроды разных диаметров: Boston Scientific Fine Line II 5,1 Fr, Medtronic Cap Sure Fix Novus 5,7 Fr и дефибрилляционный электрод Medtronic Sprint Quattro 8,6 Fr. Электроды были установлены в верхушку ПЖ. При проведении гидравлического теста электрод фиксировали в различных позициях по отношению к створкам ТК: центральное расположение электрода, расположение электрода в комиссуре между задней и септальной створками и в перфорационном отверстии задней створки ТК. Таким образом, анализ регургитации для трех размеров проводили в трех положениях электрода.

Результаты. Сравнительный статистический анализ полученных данных по группам в зависимости от диаметра и расположения электрода по отношению к створкам ТК показал достоверность различий между группами.

Заключение. На основании экспериментального исследования показано, что имплантация электрода для постоянной ЭКС и ИКД приводит к регургитации на ТК, причем степень вызванной НТК зависит от положения и размера имплантированного электрода.

Ключевые слова: электрокардиостимулятор; недостаточность трикуспидального клапана; имплантируемый кардиовертер-дефибриллятор; эндокардиальные электроды.

Для цитирования: Бокерия Л.А., Нуржанов Б.К., Городков А.Ю., Сергеев А.В., Цыганков Ю.М. Зависимость трикуспидальной недостаточности от диаметра и положения имплантированного электрода для постоянной электрокардиостимуляции и дефибрилляции (экспериментальное исследование). *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия.* 2018; 60 (2): 105–110. DOI: 10.24022/0236-2791-2018-60-2-105-110.

Для корреспонденции: Нуржанов Байсалбек Кенешбекович, E-mail: baisal77@mail.ru

Л.А. Bockeria, B.K. Nurzhanov, A.Yu. Gorodkov, A.V. Sergeev, Yu.M. Tsygankov

THE DEPENDENCE OF TRICUSPID INSUFFICIENCY ON THE DIAMETER AND POSITION OF THE IMPLANTED ELECTRODE FOR PERMANENT ELECTROCARDIOSTIMULATION AND DEFIBRILLATION (EXPERIMENTAL STUDY)

Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Ministry of Health of the Russian Federation; Rublevskoe shosse, 135, Moscow, 121552, Russian Federation

Bockeria Leo Antonovich, Academician of RAS and RAMS, Director,
orcid.org/0000-0002-6180-2619;

Nurzhanov Baysalbek Keneshbekovich, Postgraduate,
orcid.org/0000-0003-3633-9981;

Gorodkov Aleksandr Yur'evich, Dr. Biol. Sc., Chief of Laboratory for Modelling and Studying the Pathology of the Heart, orcid.org/0000-0001-5597-4820;

Sergeev Aleksey Viktorovich, Cand. Med. Sc., Senior Researcher, orcid.org/0000-0002-2949-3238;

Tsygankov Yuriy Mikhailovich, Cand. Med. Sc., Researcher

Introduction. The active development of cardiac surgery and clinical arrhythmology, in particular electrocardiostimulation, has led to the development of new implantable cardiac devices, such as implantable cardioverter-defibrillators (ICD) and permanent pacemakers (PM). Currently, the standard method of stimulation is implantation of the electrode in the tip of the right ventricle or in the inter-ventricular septum. However, the electrode, passing through the valve, interacts with its elements and can affect the functioning of the valve and create unfavorable conditions for co-opting valve flaps.

The purpose of this experimental study is to assess the degree of tricuspid regurgitation (TR), depending on the diameter and position of the electrode installed in the cavity of the right ventricle for PM or ICD.

Material and methods. The experimental study was carried out in the laboratory for modeling and studying the pathology of the heart of the Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery. For the measurements, 25 pig hearts taken from the slaughter cadavers were used. For the study, endocardial electrodes of different diameters were used: Boston Scientific Fine Line II 5.1 Fr, Medtronic Cap Sure Fix Novus 5.7 Fr, and Medtronic Sprint Quattro 8.6 Fr defibrillation electrode. The electrodes were installed in the apex of the prostate. During the hydraulic test, the electrode was fixed in various positions with respect to the tricuspid valve flaps: the central location of the electrode, the location of the electrode in the commissure between the posterior and septal flaps, and in the perforation of the posterior flaps tricuspid valve. Thus, regurgitation analysis for 3 sizes was performed in three electrode positions.

Results. A comparative statistical analysis of the data obtained by the groups with respect to the diameter and location of the electrode with respect to the flaps of the tricuspid valve showed the reliability of the differences between the groups.

Conclusion. On the basis of experimental research it was shown that implantation of the electrode for permanent PM and ICD leads to regurgitation on the tricuspid valve, and the degree of induced TR depends on the position and size of the implanted electrode.

Keywords: cardiac pacemaker; tricuspid valve failure; implantable cardioverter-defibrillator; endocardial electrodes.

For citation: Bockeria L.A., Nurzhanov B.K., Gorodkov A.Yu., Sergeev A.V., Tsygankov Yu.M. The dependence of tricuspid insufficiency on the diameter and position of the implanted electrode for permanent electrocardiostimulation and defibrillation (experimental study). *Grudnaya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya (Russian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery)*. 2018; 60 (2): 105–110 (in Russ.). DOI: 10.24022/0236-2791-2018-60-2-105-110.

For correspondence: Baisalbek K. Nurzhanov, E-mail: baisal77@mail.ru

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received September 18, 2017
Accepted October 4, 2017

Введение

Активное развитие кардиохирургии и клинической аритмологии, в частности электрокардиостимуляции, привело к разработке новых имплантируемых сердечных устройств, таких как имплантируемые кардиовертеры-дефибрилляторы (ИКД) и постоянные электрокардиостимуляторы (ЭКС). Острая потребность в электрокардиостимуляции возникла одновременно с первыми операциями в кардиохирургии, и первые ЭКС были имплантированы кардиохирургами с использованием эпикардальных электродов. В дальнейшем были разработаны чрескожные методы доставки электрода в камеры сердца, в том числе современная методика имплантации электродов в правый желудочек (ПЖ). Данная методика состоит в трансвенозной установке электрода в верхушечном отделе ПЖ или на межжелудочковой перегородке через трикуспидальный клапан (ТК), что может повлиять на его функционирование и создать неблагоприятные условия для коаптации створок клапана [1].

Недостаточность трикуспидального клапана (НТК) является одной из наиболее распространенных клапанных патологий сердца и встречается у 65–85% населения [2, 3]. Согласно данным S. Agarwal et al., в Соединенных Штатах Америки 1,6 млн человек страдают от умеренной и выраженной степени НТК [4].

Первые данные о зависимости НТК от имплантированного желудочкового электрода для ЭКС или

ИКД появились в 1980 г. [5], а в последнее время все чаще встречаются пациенты с выраженной НТК, возникающей в связи с имплантацией ЭКС или ИКД [2].

Распространенность НТК с имплантированными антиаритмическими устройствами, по данным различных авторов, неодинакова. Частота возникновения НТК составляет от 25 до 29% у пациентов с ЭКС [2, 3]. У 11–25% пациентов манифестировало ухудшение ранее существовавшей НТК на 1 или 2 степени в течение 1–827 сут после имплантации ЭКС или ИКД [6–9] (табл. 1).

Также было показано, что НТК может прогрессировать или появиться менее чем через 7 лет после имплантации устройства (см. табл. 1) [11, 12].

Исследования сердец умерших больных с кардиостимуляторами показали, что электрод может прирастать к створкам ТК и к папиллярным мышцам ПЖ [10]. Перфорация или надрыв чаще всего происходят на задней створке ТК, за счет которой спустя годы развивается недостаточность клапана. S. Iskandar et al. в 2006 г. сообщили, что адгезия электрода к створкам ТК вызывает существенное ограничение их движения, приводящее к аномальной коаптации створок ТК [13].

Таким образом, существуют доказательства, подтверждающие увеличение риска развития НТК после имплантации сердечных устройств. Однако в доступной литературе отсутствуют данные о зависимости НТК от размера и конструкции имплантированного электрода, хотя они представляют большой интерес, особенно при необходимости

Частота НТК после имплантации ЭКС или ИКД

Автор	Число пациентов, n	Средний возраст, лет	Доля ИКД, %	Увеличение НТК минимум на 1 степень, %	p
DeCock C. [10]	48	62	0	16	<0,05
Paniagua D. [11]	745	77,5	0	13	<0,001
Leibowitz D. [9]	35	67	57	11	Неизвестно
Kucukarslan N. [8]	61	53	10	13	Неизвестно
Webster G. [7]	123	16	55	25	<0,05
Kim J. [12]	248	75,4	30	24	<0,05
Klutstein M. [6]	410	72–77	0	18	<0,001

постоянной электрокардиостимуляции или дефибрилляции.

Целью данного экспериментального исследования является оценка степени НТК в зависимости от диаметра и положения электрода, установленного в полости правого желудочка для ЭКС или ИКД.

Материал и методы

Экспериментальное исследование проводили в лаборатории моделирования и изучения патологии сердца НИИСССХ им. А.Н. Бакулева Минздрава России.

Для измерений использовали 25 свиных сердец, извлеченных из трупов убойного скота. Сердца перед исследованием брали после разрешения трупного окоченения, чтобы диастолическое наполнение ПЖ было полным. Правое предсердие резецировали на расстоянии 5–10 мм от фиброзного кольца ТК. При подготовке были испорчены 5 сердец, которые в дальнейшем не были включены в исследование.

Использовали эндокардиальные электроды разных диаметров: Boston Scientific Fine Line II 5,1 Fr, Medtronic Cap Sure Fix Novus 5,7 Fr и дефибрилляционный электрод Medtronic Sprint Quattro 8,6 Fr.

Перед введением эндокардиального электрода выполняли измерение конечного диастолического объема (КДО), диаметра фиброзного кольца ТК, массы сердца. Оценивали анатомическую и функциональную целостность ТК. КДО измеряли путем наполнения ПЖ физиологическим раствором. Объем трикуспидальной регургитации определяли пу-

тем измерения количества воды, вытекающей обратно через клапан после установки электрода.

Электроды были установлены в верхушку ПЖ. При проведении гидравлического теста электрод фиксировали в различных позициях по отношению к створкам ТК: центральное расположение, расположение в комиссуре между задней и септальной створками и в перфорационном отверстии задней створки ТК. Таким образом, анализ регургитации для трех размеров проводили в трех положениях электрода (рис. 1).

Результаты измерений обрабатывали стандартными статистическими методами, оперирующими обобщенными моментами. Для исследования статистической значимости гипотез использовался критерий Фишера, в качестве нулевой гипотезы выбирали не удовлетворяющую эмпирическим данным альтернативу.

Результаты

В среднем масса сердца составила $325,0 \pm 26,3$ г, диаметр фиброзного кольца в среднем – $31,1 \pm 2,0$ мм. Среднее значение КДО было $60,8 \pm 19,3$ мл.

Исходно при проведении гидравлического теста регургитация ТК не была зарегистрирована ни в одном сердце. При установке электрода ошибка измерений определялась размерами сердца и уровнем разрешения трупного окоченения. Несмотря на значительную величину ошибки, доказана статистическая достоверность отмеченных различий. Результаты экспериментов представлены в таблицах 2–4.

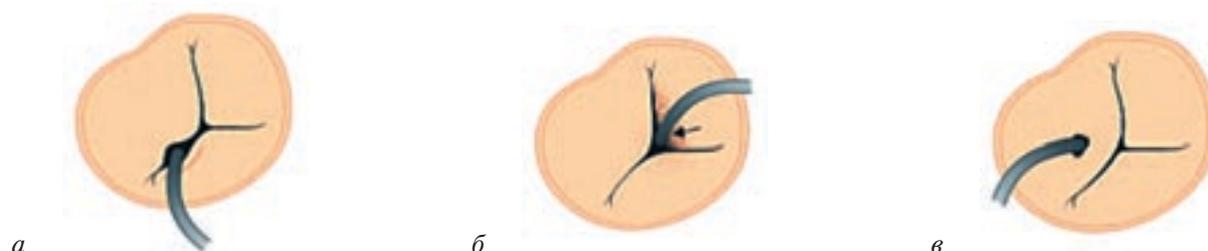


Рис. 1. Схематическое расположение электрода по отношению к ТК: а – в комиссуре; б – в центре; в – в перфорационном отверстии задней створки ТК

Таблица 2

Результаты гидравлического теста
для электрода 5,1 Fr

Номер эксперимента	Объем регургитации в зависимости от положения электрода по отношению к ТК, мл		
	в центре	в комиссуре	перфорация задней створки ТК
1	1,10	0,40	1,70
2	0,90	0,60	1,80
3	0,50	0,00	1,20
4	0,60	0,20	2,00
5	1,40	0,60	1,00
6	1,20	0,40	1,40
7	1,00	1,00	1,20
8	0,40	0,60	0,80
9	0,70	0,40	1,40
10	1,10	0,50	2,00
11	1,20	0,30	1,70
12	1,00	0,50	1,70
13	0,60	0,20	1,60
14	0,50	0,20	2,10
15	1,40	1,00	1,60
16	1,10	0,70	1,80
17	0,70	0,70	1,50
18	0,40	0,60	0,80
19	0,80	0,40	1,00
20	0,60	0,60	0,80
В среднем	0,86 ± 0,32	0,50 ± 0,25	1,46 ± 0,42

Таблица 4

Результаты гидравлического теста
для электрода 8,6 Fr

Номер эксперимента	Объем регургитации в зависимости от положения электрода по отношению к ТК, мл		
	в центре	в комиссуре	перфорация задней створки ТК
1	3,20	2,00	4,40
2	1,50	1,00	3,00
3	1,80	1,50	5,00
4	2,80	1,80	3,50
5	2,40	0,50	2,50
6	3,80	1,40	4,00
7	1,20	0,60	3,20
8	3,00	1,70	4,80
9	2,00	1,00	3,60
10	1,80	1,10	3,50
11	3,20	1,90	4,40
12	1,70	1,10	2,50
13	1,60	1,70	4,10
14	2,30	1,50	3,50
15	2,60	0,70	2,70
16	3,40	1,10	4,60
17	1,60	0,70	3,20
18	3,00	1,00	4,70
19	2,10	1,20	3,70
20	1,80	1,20	2,40
В среднем	2,34 ± 0,62	1,24 ± 0,44	3,67 ± 0,81

Таблица 3

Результаты гидравлического теста
для электрода 5,7 Fr

Номер эксперимента	Объем регургитации в зависимости от положения электрода по отношению к ТК, мл		
	в центре	в комиссуре	перфорация задней створки ТК
1	1,80	0,90	2,00
2	1,70	0,80	2,20
3	1,20	0,50	3,10
4	1,60	1,00	1,80
5	1,00	0,80	2,20
6	1,40	0,70	3,20
7	1,80	0,20	3,90
8	2,40	1,00	2,40
9	1,20	0,20	2,80
10	1,20	1,30	2,10
11	1,80	1,00	2,00
12	1,70	0,80	2,20
13	1,30	0,50	3,00
14	1,50	0,50	2,00
15	1,10	1,00	2,10
16	1,30	0,60	2,90
17	1,90	0,20	3,80
18	2,30	0,90	3,00
19	1,10	0,80	2,80
20	1,30	1,10	2,00
В среднем	1,53 ± 0,39	0,74 ± 0,31	2,58 ± 0,62

Сравнительный статистический анализ полученных данных по группам в зависимости от диаметра и расположения электрода по отношению к створкам ТК показал достоверность различий между группами.

Обсуждение

Недостаточность ТК после имплантации желудочкового электрода для ЭКС или ИКД может возникать по механическим причинам: повреждение структур клапанного аппарата (перфорация, разрыв и придавливание створок, образование рубцов или тромба на электродах) которые приводят к нарушению запирающей функции клапана [14, 15] и нефизиологичное (дисинхронное) сокращение ПЖ от верхушки к основанию в результате активной правожелудочковой стимуляции, независимо от механического воздействия на клапан электродом ЭКС и ИКД [16].

В литературе нет сообщений о диаметрах электродов и их положении по отношению к структурам клапана, которые были бы ассоциированы с меньшей или большей степенью НТК после имплантации ЭКС и ИКД.

По нашим данным, во всех группах наибольшее увеличение регургитации ($p < 0,001$) обусловлено механическим повреждением створок вследствие перфорации задней створки ТК. Наименьшая ре-

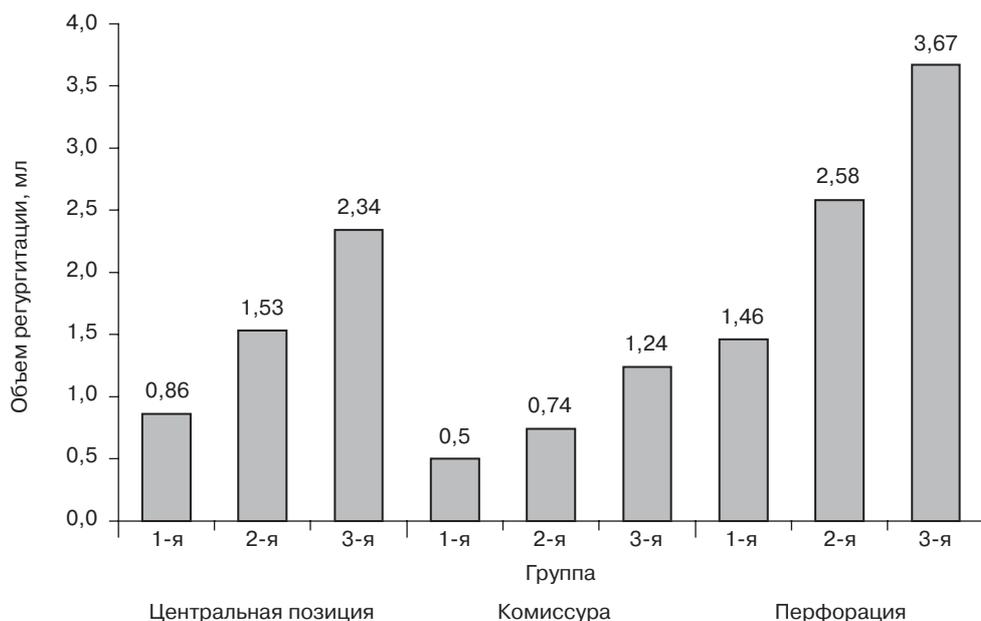


Рис. 2. Объем регургитации в зависимости от положения электрода по отношению к трикуспидальному клапану

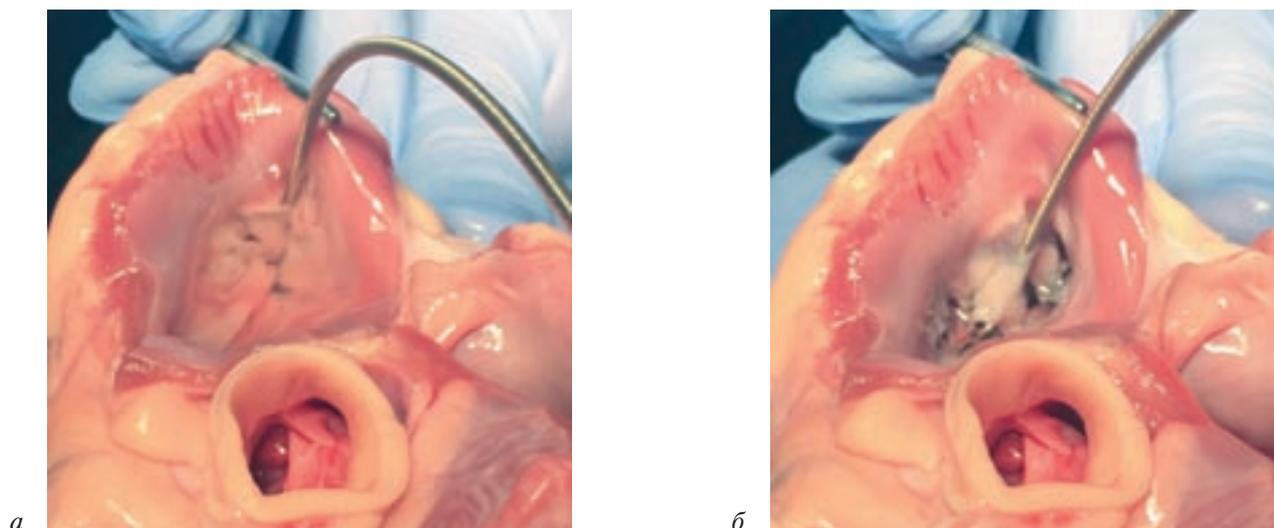


Рис. 3. Расположение электрода в комиссуре (а); запутывание электрода в хордах ТК (б)

гургитация во всех группах отмечена при расположении электрода в комиссуре (рис. 2).

Отмечено, что объем регургитации напрямую зависит от диаметра электрода и от его расположения по отношению к створкам ТК. Так, при положении дефибрилляционного электрода (8,6 Fr) в комиссуре объем регургитации достоверно меньше ($p < 0,01$), чем при положении электрода для стимуляции (5,7 Fr) в центральной позиции: $1,24 \pm 0,44$ мл против $1,53 \pm 0,39$ мл соответственно.

В одном случае при проведении электрода через ТК наблюдали запутывание электрода в хордах задней створки клапана (рис. 3). При любом дальнейшем движении электрод запутывался еще больше. В данном случае экскурсия задней створки была ограничена настолько, что вся вода вытекала обратно

в предсердие, что соответствует тотальной недостаточности ТК.

Для разработки стратегии и принципов ведения пациентов с НТК в зависимости от диаметра имплантированного электрода для постоянной электрокардиостимуляции и ИКД необходимо провести хорошо контролируемые исследования, которые позволят точно оценить риски и частоту возникновения НТК.

Заключение

На основании экспериментального исследования показано, что имплантация электрода для постоянной электрокардиостимуляции и ИКД приводит к регургитации на ТК, причем степень вызванной

НТК зависит от положения и размера имплантированного электрода.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература [References]

1. Бокерия Л.А., Ревившвили А.Ш., Неминуший Н.М., Ломидзе Н.Н., Хафизов Б.Б. Имплантируемые кардиовертеры-дефибрилляторы: показания и отдаленные результаты клинического применения у больных с жизнеугрожающими аритмиями. *Анналы аритмологии*. 2005; 2 (1): 51–7. [Bockeria L.A., Revishvili A.Sh., Neminushchiy N.M., Lomidze N.N., Khabizov B.B. Implantable cardioverter-defibrillators: indications and long-term results of clinical use in patients with life-threatening arrhythmias. *Annaly Aritmologii (Annals of Arrhythmology)*. 2005; 2 (1): 51–7 (in Russ.).]
2. Singh J.P., Evans J.C., Levy D., Larson M.G., Freed L.A., Fuller D.L. et al. Prevalence and clinical determinants of mitral, tricuspid, and aortic regurgitation (the Framingham Heart Study). *Am. J. Cardiol.* 1999; 83 (6): 897–902. DOI: 10.1016/S0002-9149(98)01064-9
3. Lavie C.J., Hebert K., Cassidy M. Prevalence and severity of Doppler-detected valvular regurgitation and estimation of right-sided cardiac pressures in patients with normal two-dimensional echocardiograms. *Chest*. 1993; 103: 226–31. DOI: 10.1378/chest.103.1.226
4. Agarwal S., Tuzcu E.M., Rodriguez E.R., Rodriguez L.L., Kapadia S.R. Interventional cardiology perspective of functional tricuspid regurgitation. *Circ. Cardiovasc. Interv.* 2009; 2 (6): 565–73. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.109.878983
5. Gibson T.C., Davidson R.C., DeSilvey D.L. Presumptive tricuspid valve malfunction induced by a pacemaker lead: a case report and review of the literature. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 1980; 3: 88–95. DOI: 10.1111/J.1540-8159.1980.TB04307.X
6. Klutstein M., Balkin J., Butnaru A., Ilan M., Lahad A., Rosenmann D. Tricuspid incompetence following permanent pacemaker implantation. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 2009; 32 (Suppl. 1): S135–7. DOI: 10.1111/J.1540-8159.2008.02269.X
7. Webster G., Margossian R., Alexander M.E., Cecchin F., Friedman J.K., Walsh E.P., Berul C.I. Impact of transvenous ventricular pacing leads on tricuspid regurgitation in pediatric and congenital heart disease patients. *J. Interv. Card. Electrophysiol.* 2008; 21: 65–8. DOI: 10.1007/s10840-007-9183-0
8. Kucukarslan N., Kirilmaz A., Ulusoy E., Yokusoglu M., Gramatnikovski N., Ozal E. et al. Tricuspid insufficiency does not increase early after permanent implantation of pacemaker leads. *J. Card. Surg.* 2006; 21: 391–4. DOI: 10.1111/j.1540-8191.2006.00251.x
9. Leibowitz D.W., Rosenheck S., Pollak A., Geist M., Gilon D. Transvenous pacemaker leads do not worsen tricuspid regurgitation: a prospective echocardiographic study. *Cardiology*. 2000; 93: 74–7. DOI: 10.1159/000007005
10. De Cock C.C., Vinkers M., Van Campe L.C., Verhorst P.M.J., Visser G.A. Long-term outcome of patients with multiple (≥ 3) noninfected transvenous leads: a clinical and echocardiographic study. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 2000; 23: 423–6. DOI: 10.1111/j.1540-8159.2000.tb00821.x
11. Paniagua D., Aldrich H.R., Lieberman E.H., Lamas G.A., Agatston A.S. Increased prevalence of significant tricuspid regurgitation in patients with transvenous pacemakers leads. *Am. J. Cardiol.* 1998; 82: 1130–2, A9. DOI: 10.1016/S0002-9149(98)00567-0
12. Kim J.B., Spevack D.M., Tunick P.A., Bullinga J.R., Kronzon I., Chinitz L.A., Reynolds H.R. The effect of transvenous pacemaker and implantable cardioverter defibrillator lead placement on tricuspid valve function: an observational study. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2008; 21: 284–7. DOI: 10.1016/j.echo.2007.05.022
13. Iskandar S.B., Ann Jackson S., Fahrig S., Mechleb B.K., Garcia I.D. Tricuspid valve malfunction and ventricular pacemaker lead: case report and review of the literature. *Echocardiography*. 2006; 23: 692–7. DOI: 10.1111/j.1540-8175.2006.00289.x
14. Lin G., Nishimura R.A., Connolly H.M., Dearani J.A., Sundt T.M., Hayes D.L. et al. Severe symptomatic tricuspid valve regurgitation due to permanent pacemaker or implantable cardioverter-defibrillator leads. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2005; 45 (10): 1672–5. DOI: 10.1016/j.jacc.2005.02.037
15. Al-Mohaissen M.A., Chan K.L. Prevalence and mechanism of tricuspid regurgitation following implantation of endocardial leads for pacemaker or cardioverter-defibrillator. *JACE*. 2012; 25: 245–52. DOI: 10.1016/j.echo.2011.11.020
16. Vaturi M., Kusniec J., Shapira Y., Shapira R., Nevzorov I., Yedidya D. et al. Right ventricular pacing increases tricuspid regurgitation grade regardless of the mechanical interference to the valve by the electrode. *Eur. J. Echocardiogr.* 2010; 2013: 550–3. DOI: 10.1093/ejehocard/jeq018

Поступила 18.09.2017

Принята к печати 04.10.2017