

© Коллектив авторов, 2015  
УДК 616.12-089:615.847

Г. Г. Хубулава, А. Б. Наумов, С. П. Марченко, В. В. Суворов, И. И. Аверкин,  
М. В. Диденко, Г. С. Пасенов

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВРЕМЕННОЙ ЭПИКАРДИАЛЬНОЙ БИВЕНТРИКУЛЯРНОЙ РЕСИНХРОНИЗИРУЮЩЕЙ КАРДИОСТИМУЛЯЦИИ ПОСЛЕ КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Кафедра сердечно-сосудистой хирургии (зав. — проф. чл.-кор. РАН Г. Г. Хубулава),  
Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет

**Ключевые слова:** эпикардиальная бивентрикулярная кардиостимуляция, временная электрокардиостимуляция, кардиохирургические операции, ресинхронизирующая терапия

**Введение.** После операции на сердце необходимо обеспечить возможность осуществления временной электрокардиостимуляции (ЭКС) в послеоперационном периоде. Одной из основных задач применения временной ЭКС является адекватная поддержка системной гемодинамики. Но всегда возникает вопрос о выборе наилучшей методики временной ЭКС у пациентов кардиохирургического профиля. Кроме того, на данный момент нет единого алгоритма фиксации электродов для проведения временной ЭКС, многоцентровых исследований, которые доказывали бы эффективность и необходимость применения какой-либо единой методики. Чаще методом выбора является предсердно-правожелудочковый способ временной ЭКС, а местом прикрепления эпикардиальных электродов для временной стимуляции является правое предсердие и правый желудочек. Но это вызывает диссинхронию желудочков, которая сопровождается гемодинамическими нарушениями [5, 16]. Некоторые специалисты предлагают атриобивентрикулярный вариант прикрепления эпикардиальных электродов с целью улучшения гемодинамики в послеоперационном периоде [1, 6, 7, 16]. По данным некоторых авторов, применение кардиальной ресинхронизирующей терапии (бивентрикуляр-

ная ЭКС) после кардиохирургических операций, особенно при риске острой сердечной недостаточности, повышает выживаемость и снижает уровень летальности в послеоперационном периоде у пациентов с нарушениями функции сердца, дилатацией желудочков, нарушениями ритма и проводимости [3, 4, 15]. Некоторые исследования указывают на значительное улучшение гемодинамики в ответ на проведение бивентрикулярной ресинхронизирующей ЭКС [13, 14, 19]. Уменьшение конечного-диастолического объема снижает стресс стенки желудочка и запрос кислорода миокардом.

Гемодинамические показатели ухудшаются в случаях, когда физиологическая модель активации не соблюдается, а также при повышении запроса кислорода миокардом. В результате изолированной правожелудочковой стимуляции или при проведении ЭКС в правопредсердно-правожелудочковом режиме (DDD) непреднамеренно возникает межжелудочковая асинхрония, что, в свою очередь, приводит к задержке активации миокарда левого желудочка на 30–180 мс [2, 10]. Кроме этого, изменяется последовательность проведения электрического импульса по миокарду: от верхушки сердца к основанию, а не от основания к верхушке. Это приводит к неоднородному распределению активации кардиомиоцитов, снижает фракцию выброса левого желудочка и повышает запрос кислорода миокардом. Основным причинным фактором этого патофизиологического состояния, по всей видимости, является изменение векторов

### Сведения об авторах:

Хубулава Геннадий Григорьевич (e-mail: [ggh07@rambler.ru](mailto:ggh07@rambler.ru)), Наумов Алексей Борисович (e-mail: [naumov99@gmail.com](mailto:naumov99@gmail.com)),  
Марченко Сергей Павлович (e-mail: [sergeimarchenkospb@gmail.com](mailto:sergeimarchenkospb@gmail.com)), Суворов Виталий Владимирович (e-mail: [vitalikkrak@gmail.com](mailto:vitalikkrak@gmail.com)),  
Аверкин Игорь Игоревич (e-mail: [averkin.igor@gmail.com](mailto:averkin.igor@gmail.com)), Диденко Максим Викторович (e-mail: [maxdidenko@gmail.com](mailto:maxdidenko@gmail.com)),  
Пасенов Гилпократ Сергеевич (e-mail: [vrach1986@gmail.com](mailto:vrach1986@gmail.com)), кафедра сердечно-сосудистой хирургии,  
Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, 2

силы, что влечет за собой изменение механического распределения напряжения на желудочки [2, 8, 15, 18]. В результате желудочковой диссинхронии снижается давление в левом желудочке, что сопровождается более высоким напряжением стенки желудочка и снижением эффективности сердечного выброса [12].

Бивентрикулярная ЭКС (режим DDDBV) применяется для преодоления негативных последствий асинхронного сокращения желудочков предварительной задержкой активации сокращения желудочков и, тем самым, достигается ресинхронизация желудочков [9, 15]. Основным механизмом действия кардиоресинхронизирующей терапии считается изменение аномальной активации желудочков. Бивентрикулярная ЭКС приводит к генерации двух волн возбуждения желудочка, в результате чего активация желудочков происходит более равномерно. В итоге сокращение левого желудочка более эффективное, повышается ударный объем, при этом не происходит повышения экстракции кислорода миокардом, а также снижается степень митральной регургитации и оптимизируется диастолическая функция миокарда [11, 17].

Цель исследования — сравнение эффективности различных методов временной эпикардиальной электрокардиостимуляции после операций на сердце у животных.

**Материал и методы.** Экспериментальное исследование выполнено на базе лаборатории экспериментальной медицины Научно-исследовательского центра СПбГПМУ. В исследование включены 18 (у каждого применяли по очереди разные режимы) лабораторных свиней «Минипиги» с массой тела 8–14 кг без соматической и инфекционной патологии (4 животных — 8 кг, 5 — 10 кг, 6 — 11 кг, 2 — 12 кг, 1 — 14 кг).

Выполнено исследование эффективности временной эпикардиальной ЭКС в режиме DDD и DDDBV у 18 животных. У каждого животного оценено влияние на системную гемодинамику временной бивентрикулярной и правопредсердно-правожелудочковой ЭКС. Для реализации поставленных целей после выполненных кардиохирургических операций проводили исследования влияния на гемодинамику методов временной ЭКС у животных.

Исследование выполнено в два этапа.

Первый этап: выполнение операций и исследований временной ЭКС с применением различных методик. Исследование проводили последовательно, независимо друг от друга, в условиях экспериментальной кардиохирургической операционной.

До начала исследования после выполненной премедикации проводили исходное обследование животного, включающее в себя: клинический анализ крови, биохимический анализ артериальной и венозной крови. Все исследования крови выполнены при одинаковых условиях внешней среды. Также всем животным произведена запись электрокардиограммы для определения исходной электрофизиологической

функции сердца. Динамическое наблюдение и оценку показателей центральной гемодинамики мониторировали с помощью модульного монитора, набора для мониторинга гемодинамики (частота сердечных сокращений, уровень артериального давления, центрального венозного давления, давления в легочной артерии, сердечный выброс) и с применением метода инвазивного мониторинга артериального давления (после выполнения стернотомии с использованием доступа к одной из ветвей плечеголового ствола). Чтобы оценить функцию сердца, клапанного и подклапанного аппарата, размеры камер сердца, произвести расчеты ударного объема левого желудочка, фракции выброса левого желудочка, выполнено эхокардиографическое исследование.

Все операции выполнены под общим наркозом с применением метода вспомогательного кровообращения. Для остановки сердечной деятельности и защиты миокарда применяли кровяную холодную калиевую кардиоплегию в сочетании с методом системной гипотермии. По завершении операции подшивали электроды для возможности проведения временной ЭКС. В исследовании применяли униполярные электроды для временной ЭКС. Один из предсердных электродов подшивали в верхнепереднюю область правого предсердия наиболее близко к области межпредсердной перегородки, второй — к проксимальному участку терминальной борозды. Один из правожелудочковых электродов подшивали к передней стенке правого желудочка, другой — к диафрагмальной поверхности правого желудочка. Один из левожелудочковых электродов фиксировали в область середины боковой стенки левого желудочка (ближе к атриовентрикулярной борозде), второй — к диафрагмальной поверхности левого желудочка. Для проведения временной ЭКС применяли электрокардиостимулятор с возможностью обеспечения ресинхронизирующей бивентрикулярной ЭКС. Отключение животного от аппарата искусственного кровообращения производили при стабилизации центральной гемодинамики на фоне опережающей ЭКС с последующим переводом животного на естественную циркуляцию и наблюдение в течение 4 ч. После восстановления деятельности сердца проводили изучение влияния различных методов временной ЭКС на системную гемодинамику.

Второй этап: статистический анализ и обработка полученных данных. Оценка эффективности разных методов временной эпикардиальной ЭКС после операций на сердце проводили по показателям инвазивной гемодинамики, ультразвуковой оценки показателей гемодинамики. Статистический анализ и обработку полученных данных проводили с помощью программы SPSS, применяли непараметрический критерий для сравнения двух независимых групп (критерий Манна—Уитни). Учитывая маленькую выборку, уровень значимости принят за 0,1.

**Результаты и обсуждение.** По результатам проведенного исследования можно судить о высокой гемодинамической эффективности временной бивентрикулярной ЭКС (режим DDDBV) по сравнению с временной ЭКС в режиме DDD.

Из полученных данных следует, что фракция выброса была выше при проведении временной ЭКС в режиме DDDBV ( $M_e=23,8$ ) по сравнению с режимом DDD ( $M_e=13,2$ ) ( $U=66,5$ ,  $Z=-3,036$ ,  $p=0,002$ ,  $r=0,5$ ). Интеграл линейной скорости

кровотока в области выходного отдела левого желудочка (VTI) был выше при проведении временной ЭКС в режиме DDDBV (Me=25,6) по сравнению с VTI в режиме DDD (Me=11,4) ( $U=34$ ,  $Z=-4,066$ ,  $p<0,001$ ,  $r=0,68$ ).

U. Weisse и соавт. [19], M. Kindermann и соавт. [9], P. Bordachar и соавт. [2] в своих исследованиях указывают на улучшение параметров гемодинамики при временной ЭКС в режиме DDDBV в послеоперационном периоде у кардиохирургических пациентов и отсутствие диссинхронии желудочков по сравнению с правопредсердно-правожелудочковой ЭКС. Проведенное нами исследование также демонстрирует ряд преимуществ правопредсердно-бивентрикулярной ЭКС: сердечный выброс был выше, чем при ЭКС в режиме DDD; появляется возможность избежать желудочковой диссинхронии. Другими преимуществами применения ЭКС в режиме DDDBV являются снижение степени митральной регургитации, обратное ремоделирование левого желудочка (в отдаленном периоде) [4, 12].

В результате проведенного исследования определены наиболее оптимальные места для фиксации электродов для проведения временной ЭКС: для правопредсердных электродов — верхнепередняя область правого предсердия в области межпредсердной перегородки, проксимальный участок терминальной борозды; для правожелудочковых электродов — передняя стенка правого желудочка, диафрагмальная поверхность правого желудочка; для левожелудочковых электродов — область середины боковой стенки левого желудочка, диафрагмальная поверхность левого желудочка.

Дальнейшие исследования будут направлены на изучение зависимости доз инотропной поддержки от режимов ЭКС в послеоперационном периоде у кардиохирургических пациентов.

Проведенное исследование демонстрирует высокую эффективность применения временной ЭКС в режиме DDDBV в послеоперационном периоде с целью повышения сердечного выброса и снижения запроса кислорода миокардом после операций на сердце с применением искусственного кровообращения и кардиopleгии.

**Выводы.** Исследование демонстрирует высокую эффективность временной правопредсердно-бивентрикулярной ЭКС (режим DDDBV): достигается наилучший гемодинамический эффект по сравнению с другими методами временной электрокардиостимуляции.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Хубулава Г. Г., Наумов А. Б., Марченко С. П. и др. Оценка эффективности реанимационных мероприятий с использованием экстракорпоральной мембранной оксигенации в модели острой гипоксической остановки кровообращения у свиней // Педиатр. 2014. № 4. С. 20–27.
- Bordachar P., Garrigue S., Lafitte S. et al. Interventricular and intra-left ventricular electromechanical delays in right ventricular paced patients with heart failure: implications for upgrading to biventricular stimulation // Heart. 2003. Vol. 89, № 12. P. 1401–1405.
- Cannesson M., Gostoli B., Rosamel P. et al. Successful cardiac resynchronization therapy after cardiac surgery // Anesth. Analg. 2007. Vol. 104, № 1. P. 71–74.
- Cleland J. G., Daubert J. C., Erdmann E. et al. The effect of cardiac resynchronization on morbidity and mortality in heart failure // N. Engl. J. Med. 2005. Vol. 352. P. 1539–1549.
- Dohi K., Pinsky M. R., Kanzaki H. et al. Effects of radial left ventricular dyssynchrony on cardiac performance using quantitative tissue Doppler radial strain imaging // J. Am. Soc. Echocardiogr. 2006. Vol. 19. P. 475–482.
- Dzemali O., Bakhtiyar F., Israel C. W. et al. Impact of different pacing modes on left ventricular function following cardiopulmonary bypass // Thorac. Cardiovasc. Surg. 2008. № 56. P. 87–92.
- Gaudiani V. A., Castro L. J., Fisher A. L. Biventricular pacing during cardiac operations // H. Surg. Forum. 2003. Vol. 6. P. 126–128.
- Kanzaki H., Bazaz R., Schwartzman D. et al. A mechanism for immediate reduction in mitral regurgitation following cardiac resynchronization therapy: insights from mechanical activation strain mapping // J. Am. Coll. Cardiol. 2004. Vol. 44. P. 1619–1625.
- Kindermann M., Hennen B., Jung J. et al. Biventricular versus conventional right ventricular stimulation for patients with standard pacing indication and left ventricular dysfunction: The Homburg Biventricular Pacing Evaluation (HOBIPACE) // J. Am. Coll. Cardiol. 2006. Vol. 47. P. 1927–1937.
- Leclercq C., Faris O., Tunin R. et al. Systolic improvement and mechanical resynchronization does not require electrical synchrony in the dilated failing heart with left bundle-branch block // Circulation. 2002. Vol. 106. P. 1760–1763.
- Leon A. R., Greenberg J. M., Kanuru N. et al. Cardiac resynchronization in patients with congestive heart failure and chronic atrial fibrillation. Effect of upgrading to biventricular pacing after chronic right ventricular pacing // J. Am. Coll. Cardiol. 2002. Vol. 39. P. 1258–1263.
- Linde C., Leclercq C., Rex S. et al. Long-term benefits of biventricular pacing in congestive heart failure: results from the Multisite Stimulation in Cardiomyopathy (MUSTIC) study // J. Am. Coll. Cardiol. 2002. Vol. 40. P. 111–118.
- Nelson G. S., Berger R. D., Fetis B. J. et al. Left ventricular or biventricular pacing improves cardiac function at diminished energy cost in patients with dilated cardiomyopathy and left bundle-branch block // Circulation. 2000. Vol. 102. P. 3053–3059.
- Pham P. P., Balaji S., Shen I. et al. Impact of conventional versus biventricular pacing on hemodynamics and tissue Doppler imaging indexes of resynchronization postoperatively in children with congenital heart disease // J. Am. Coll. Cardiol. 2005. Vol. 46. P. 2284–2289.
- Sutton M. J., Plappert T., Abraham W. T. et al. Effect of cardiac resynchronization therapy on left ventricular size and function in chronic heart failure // Circulation. 2003. Vol. 107. P. 1985–1990.
- Tops L. F., Suffoletto M. S., Bleeker G. B. et al. Speckle-tracking radial strain reveals left ventricular dyssynchrony in patients with permanent right ventricular pacing // J. Am. Coll. Cardiol. 2007. Vol. 50. P. 1180–1188.
- Valls-Bertault V., Fatemi M., Gilard M. et al. Assessment of upgrading to biventricular pacing in patients with right ventricular pacing and congestive heart failure after atrioventricular junctional ablation for chronic atrial fibrillation // Europace. 2004. Vol. 6. P. 438–443.

1. Хубулава Г. Г., Наумов А. Б., Марченко С. П. и др. Оценка эффективности реанимационных мероприятий с использова-

18. Vogel M., Schmidt M.R., Kristiansen S.B. et al. Validation of myocardial acceleration during isovolumic contraction as a novel non-invasive index of right ventricular contractility: Comparison with ventricular pressure-volume relations in an animal model // *Circulation*. 2002. Vol. 105. P. 1693–1699.
19. Weisse U., Isgro F., Werling C. et al. Impact of atrio-biventricular pacing to poor left-ventricular function after CABG // *Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2002. Vol. 50. P. 131–135.

Поступила в редакцию 23.04.2015 г.

G. G. Khubulava, A. B. Naumov, S. P. Marchenko,  
V. V. Suvorov, I. I. Averkin, M. V. Didenko, G. S. Pasenov

**ASSESSMENT OF EFFICACY OF  
TEMPORARY EPICARDIAL BIVENTRICULAR  
RESYNCHRONIZATION PACING  
AFTER CARDIAC SURGERY**

Department of cardiovascular surgery, Saint-Petersburg State  
Pediatric Medical University

The temporary pacing is provided as a key principle of  
maintenance and correction of hemodynamics after weaning

the patient from cardiopulmonary bypass. There are conventional algorithms of temporary pacing, but the substantiation of electrode fixation areas is variable. The authors experimentally investigated the efficacy of temporary epicardial pacing in DDD and DDDBV using 18 laboratory animals after cardiac surgery with application of cardiopulmonary bypass. The hemodynamic parameters were compared in given groups. It was noted that in case of temporary epicardial pacing in DDDBV conditions was the best hemodynamic effect. The authors recommended more optimal areas for electrode fixation in temporary pacing: bachmans bundle (closest to the atrial septum), proximal part of the crista terminalis for the right atrium electrodes; the front-side free wall of the right ventricle at the distance of 3–4 cm from the apex of the heart, diaphragmatic surface of the right ventricle proximal to artioventricular groove for the right ventricle electrodes; obtuse margin (side wall of the left ventricle), diaphragmatic surface of the left ventricle proximal to artioventricular groove for the left ventricle electrodes.

**Key words:** *epicardial biventricular pacing, temporary pacing, cardiac surgery, resynchronization pacing*