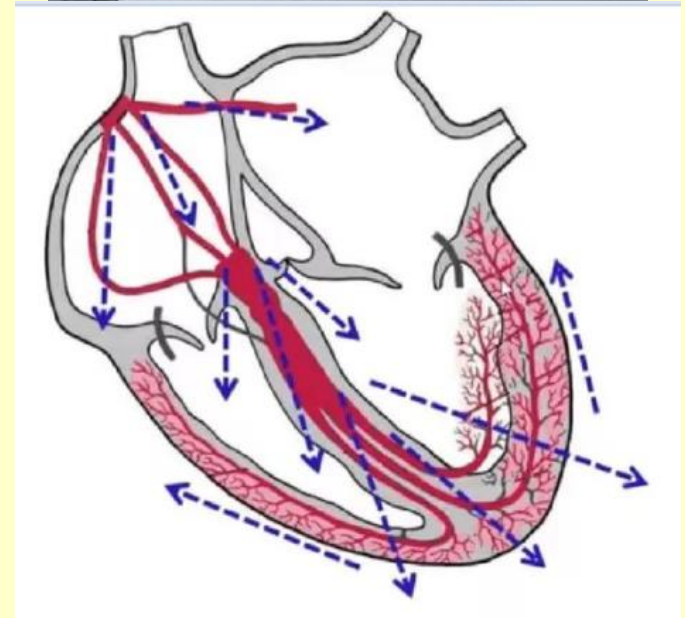


# Обзор рекомендации по ЭКС у детей

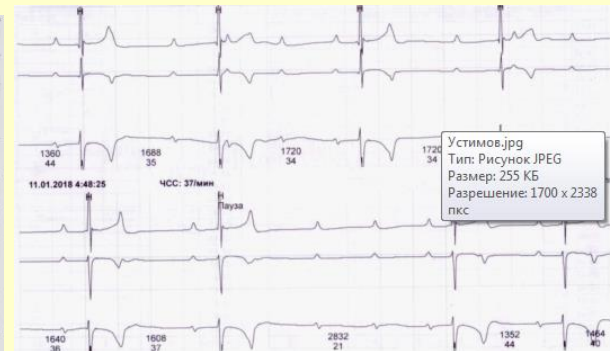
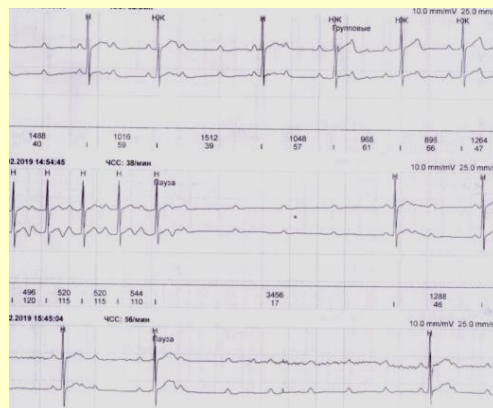
---

Джаффарова О.Ю.  
Томский НИИ кардиологии

Ежегодно отмечается рост числа детей и пациентов молодого возраста с постоянными ЭКС, но количество имплантируемых ЭКС в детском возрасте, включая новорожденных, составляет не более 1% всех ЭКС в мире. Последнее десятилетие отмечено значительным прогрессом усовершенствования системы ЭКС. Эволюция электрокардиостимуляции привела к появлению современных физиологических ЭКС, которые могут использоваться у детей любого возраста. Все достижения, как в техническом, так и программном обеспечении кардиостимуляторов служат основной цели – адекватной электрической коррекции нарушений ритма и проводимости таким образом, чтобы моделировать естественную, свойственную сердцу электрическую функцию.



У детей основной причиной имплантации ЭКС является наличие жизнеопасных брадиаритмий, таких как **АВ блокады, синдромом слабости синусового узла и бинодальная патология**, которые могут быть врожденными (при аутоимунных заболеваниях), идиопатическими, либо развиваются как осложнения после хирургической коррекции ВПС.



Многие педиатрические особенности, такие как: антропометрические характеристики, их быстрое изменение по мере роста ребенка, активный образ жизни, необходимость многократной замены системы ЭКС в будущем, сопутствующие ВПС, наличие остаточных внутрисердечных шунтов - должны быть рассмотрены при решении вопроса об имплантации ЭКС.

## Pharmacological and non-pharmacological therapy for arrhythmias in the pediatric population: EHRA and AEPC-Arrhythmia Working Group joint consensus statement

Josep Brugada<sup>1a</sup>, Nico Blom<sup>2</sup>, Georgia Sarquella-Brugada<sup>3</sup>, Carina Blomstrom-Lundqvist<sup>4</sup>, John Deanfield<sup>5</sup>, Jan Janousek<sup>6</sup>, Dominic Abrams<sup>7</sup>, Urs Bauersfeld<sup>8a</sup>, Ramon Brugada<sup>9</sup>, Fabrizio Drago<sup>10</sup>, Natasja de Groot<sup>11</sup>, Juha-Matti Happonen<sup>12</sup>, Joachim Hebe<sup>13</sup>, Siew Yen Ho<sup>14</sup>, Eloi Marijon<sup>15</sup>, Thomas Paul<sup>16</sup>, Jean-Pierre Pfammatter<sup>17</sup>, and Eric Rosenthal<sup>18</sup>

<sup>1</sup>Pediatric Arrhythmia Unit, Cardiology Department, Hospital Sant Joan de Déu-Hospital Clinic, University of Barcelona, 08036 Barcelona, Spain; <sup>2</sup>Department of Pediatric Cardiology, Leiden University Medical Center and Academic Medical Center Amsterdam, 2300 RC Leiden, The Netherlands; <sup>3</sup>Pediatric Arrhythmia Unit, Cardiology Department, Hospital Sant Joan de Déu, University of Barcelona, 08950 Barcelona, Spain; <sup>4</sup>Department of Cardiology, Uppsala University, s-75236 Uppsala, Sweden; <sup>5</sup>Cardiothoracic Unit, Great Ormond Street Hospital, Great Ormond Street, WC1N 3JH London, UK; <sup>6</sup>Children's Heart Centre, University Hospital Motol, 15006 Prague, Czech Republic; <sup>7</sup>Cardiac Electrophysiology Division, Department of Cardiology, Children's Hospital, Boston, 02115 MA, USA; <sup>8</sup>Medizinische Fakultät, Kinderhospital Zürich, 8032 Zürich, Switzerland; <sup>9</sup>Cardiovascular Genetics Center, Institut d'Investigació Biomèdica Girona-IBBG, 17003 Girona, Spain; <sup>10</sup>Arrhythmia Unit, Pediatric Cardiology and Heart Surgery Department, Bambino Gesù Pediatric Hospital and Research Institute, Paliadio, 00055 Fiumicino, Italy; <sup>11</sup>Department of Cardiology, Erasmus MC, 3015 Rotterdam, The Netherlands; <sup>12</sup>Department of Pediatric Cardiology, Children's Hospital, University of Helsinki and Helsinki University Central Hospital, 00200 Helsinki, Finland; <sup>13</sup>Center for Electrophysiology, 28277 Bremen, Germany; <sup>14</sup>Cardiac Morphology Unit, Royal Brompton Hospital and Imperial College London, SW3 6HP, UK; <sup>15</sup>Paris Cardiovascular Research Center, Inserm U970, European Georges Pompidou Hospital, 75008 Paris, France; <sup>16</sup>Department of Pediatric Cardiology and Intensive Care Medicine, Children's University Hospital, Georg-August-University, 37099 Göttingen, Germany; <sup>17</sup>Pediatric cardiology, University of Bern, 3010 Bern, Switzerland; and <sup>18</sup>Evelina Children's Hospital, Guy's & St Thomas' Hospital, SE1 7EH London, UK

Online publish-ahead-of-print 12 July 2013

Downloaded from <http://eur.oxfordjournals.org/> by guest

### Класс I

(1) Полная врожденная АВ блокада у новорожденного или младенца с желудочковым ритмом менее 55 уд в мин или в сочетании ВПС и желудочковый ритмом менее 70 уд б.п. (C)

(2) Полная врожденная АВ блокада с ширококомплексным замещающим ритмом, желудочковая эктопия или желудочковая дисфункция. (B)

(3) Полная врожденная атриовентрикулярная блокада после первого года жизни со средней частотой сердечных сокращений, 50 ударов в минуту, внезапные паузы ритма в 2-3 раза превышающие основной ритм, или симптомы связанные с хронотропной некомпетентностью. (B)

### Класс II

1) Полная врожденная АВ блокада у асимптомных детей и подростков с приемлемой частотой комплексов QRS и нормальной функцией желудочков. (C)

### Класс I

Нейромышечные заболевания ассоциированные с АВБ 2-3 ст вне зависимости от симптомов.

### Disorders of atrioventricular conduction Complete congenital atrioventricular block Class I

- (1) Complete congenital atrioventricular block in a newborn or an infant with a ventricular rate <55 b.p.m. or with CHD and a ventricular rate <70 b.p.m. (C)
- (2) Complete congenital atrioventricular block with a wide complex escape rhythm, complex ventricular ectopy, or ventricular dysfunction. (B)
- (3) Complete congenital atrioventricular block beyond first year of life with an average heart rate <50 bpm, abrupt pauses in ventricular rate 2–3× basic cycle length, or associated with symptoms of chronotropic incompetence. (B)

### Class II

- (1) Complete congenital atrioventricular block in asymptomatic children and adolescents with an acceptable rate, a narrow QRS complex and normal ventricular function. (C)

### Other non-surgical atrioventricular block

#### Class I

- (1) Advanced second- or third-degree AV block associated with symptomatic bradycardia, ventricular dysfunction, or low cardiac output. (C)

### Post-operative atrioventricular block

#### Class I

1. Post-operative advanced second- or third-degree AV block not expected to resolve or persisting at least 7 days after cardiac

*Other indications. Neuromuscular disease associated with AV conduction disease [e.g. myotonic muscular dystrophy, Kearns–Sayre syndrome, Erb dystrophy (limb girdle), peroneal muscular atrophy etc].*

#### Class I

- (1) Third-degree or advanced second-degree AV block with or without symptoms. (B)

# Pharmacological and non-pharmacological therapy for arrhythmias in the pediatric population: EHRA and AEPC-Arrhythmia Working Group joint consensus statement

Josep Brugada<sup>1\*</sup>, Nico Blom<sup>2</sup>, Georgia Sarquella-Brugada<sup>3</sup>, Carina Blomstrom-Lundqvist<sup>4</sup>, John Deanfield<sup>5</sup>, Jan Janousek<sup>6</sup>, Dominic Abrams<sup>7</sup>, Urs Bauersfeld<sup>8†</sup>, Ramon Brugada<sup>9</sup>, Fabrizio Drago<sup>10</sup>, Natasja de Groot<sup>11</sup>, Juha-Matti Happonen<sup>12</sup>, Joachim Hebe<sup>13</sup>, Siew Yen Ho<sup>14</sup>, Eloï Marijon<sup>15</sup>, Thomas Paul<sup>16</sup>, Jean-Pierre Pfammatter<sup>17</sup>, and Eric Rosenthal<sup>18</sup>

<sup>1</sup>Paediatric Arrhythmia Unit, Cardiology Department, Hospital Sant Joan de Déu-Hospital Clínic, University of Barcelona, 08036 Barcelona, Spain; <sup>2</sup>Department of Pediatric Cardiology, Leiden University Medical Center and Academic Medical Center Amsterdam, 2300 RC Leiden, The Netherlands; <sup>3</sup>Paediatric Arrhythmia Unit, Cardiology Department, Hospital Sant Joan de Déu, University of Barcelona, 08950 Barcelona, Spain; <sup>4</sup>Department of Cardiology, Uppsala University, s-75236 Uppsala, Sweden; <sup>5</sup>Cardiothoracic Unit, Great Ormond Street Hospital, Great Ormond Street, WC1N 3JH London, UK; <sup>6</sup>Children's Heart Centre, University Hospital Motol, 15006 Prague, Czech Republic; <sup>7</sup>Cardiac Electrophysiology Division, Department of Cardiology, Children's Hospital, Boston, 02115 MA, USA; <sup>8</sup>Medizinische Fakultät, Kinderspital Zürich, 8032 Zürich, Switzerland; <sup>9</sup>Cardiovascular Genetics Center, Institut d'Investigació Biomèdica Girona-IdIBGI, 17003 Girona, Spain; <sup>10</sup>Arrhythmia Unit, Pediatric Cardiology and Heart Surgery Department, Bambino Gesù Pediatric Hospital and Research Institute, Palidoro, 00055 Fiumicino, Italy; <sup>11</sup>Department of Cardiology, Erasmus MC, 3015 Rotterdam, The Netherlands; <sup>12</sup>Department of Pediatric Cardiology, Children's Hospital, University of Helsinki and Helsinki University Central Hospital, 00290 Helsinki, Finland; <sup>13</sup>Center for Electrophysiology, 28277 Bremen, Germany; <sup>14</sup>Cardiac Morphology Unit, Royal Brompton Hospital and Imperial College London, SW3 6NP, UK; <sup>15</sup>Paris Cardiovascular Research Center, Inserm U970, European Georges Pompidou Hospital, 75908 Paris, France; <sup>16</sup>Department of Pediatric Cardiology and Intensive Care Medicine, Children's University Hospital, Georg-August-University, 37099 Göttingen, Germany; <sup>17</sup>Pediatric cardiology, University of Bern, 3010 Bern, Switzerland; and <sup>18</sup>Evelina Children's Hospital, Guy's & St Thomas' Hospital, SE1 7EH London, UK

Online publish-ahead-of-print 12 July 2013

Downloaded from <http://europace.oxfordjournals.org/> by guest

**Table 5** The consensus panel recommendations on preferred pacemaker implantation access, pacing modes, and ventricular lead placement in pediatric patients with AV block, systemic LV, and absence of intracardiac shunts

Patient size (kg)	Access	Pacing mode	Ventricular lead placement
< 10	Epicardial Endocardial—in specific situations (failed epicardial, centre preference)	VVIR DDD(R)—in case of a specific haemodynamic indication	LV apex RV septum
10–20	Epicardial Endocardial	VVIR DDD(R) – in case of a specific haemodynamic indication	LV apex RV septum
> 20	Endocardial Epicardial—in specific situations (e.g. concomitant with other cardiac surgery)	DDD(R) VVIR	RV septum LV apex or free wall—based on surgical feasibility

AV, atrioventricular; LV, left ventricle; RV, right ventricle

# Показания к сердечной стимуляции и ресинхронизирующей терапии. Европейское общество кардиологов (2013 г)



European Heart Journal (2013) 34, 2281–2329  
doi:10.1093/eurheartj/ehf1150

## ESC GUIDELINES

### 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 (ESC). Developed in collaboration with the European Heart Rhythm Association (EHRA).

**Authors/Task Force Members:** Michele Brignole (Chairperson) (Italy)\*, Angelo Auricchio (Switzerland), Gonzalo Baron-Esquivias (Spain), Pierre Bordachar (France), Giuseppe Boriani (Italy), Ole-A Breithardt (Germany), John Cleland (UK), Jean-Claude Deharo (France), Victoria Delgado (Netherlands), Perry M. Elliott (UK), Bulent Gorenek (Turkey), Carsten W. Israel (Germany), Christophe Leclercq (France), Cecilia Linde (Sweden), Lluís Mont (Spain), Luigi Padeletti (Italy), Richard Sutton (UK), Panos E. Vardas (Greece)

**ESC Committee for Practice Guidelines (CPG):** Jose Luis Zamorano (Chairperson) (Spain), Stephan Achenbach (Germany), Helmut Baumgartner (Germany), Jeroen J. Bax (Netherlands), Héctor Bueno (Spain), Veronica Dean (France), Christi Deaton (UK), Cetin Erol (Turkey), Robert Fagard (Belgium), Roberto Ferrari (Italy), David Hasdai (Israel), Amo W. Hoes (Netherlands), Paulus Kirchhof (Germany/UK), Juhani Knuuti (Finland), Philippe Kolh (Belgium), Patrizio Lancellotti (Belgium), Ales Linhart (Czech Republic), Petros Nihoyannopoulos (UK), Massimo F. Piepoli (Italy), Piotr Ponikowski (Poland), Per Anton Sirnes (Norway), Juan Luis Tamargo (Spain), Michal Tendera (Poland), Adam Torbicki (Poland), William Wijns (Belgium), Stephan Windecker (Switzerland).

**Document Reviewers:** Paulus Kirchhof (CPG Review Coordinator) (Germany/UK), Carina Blomstrom-Lundqvist (CPG Review Coordinator) (Sweden), Luigi P. Badano (Italy), Farid Aliyev (Azerbaijan), Dietmar Bänisch (Germany), Helmut Baumgartner (Germany), Walid Bsata (Syria), Peter Buser (Switzerland), Philippe Charron (France), Jean-Claude Daubert (France), Dan Dobreanu (Romania), Svein Faerstrand (Norway), David Hasdai (Israel), Arno W. Hoes (Netherlands), Jean-Yves Le Heuzey (France), Hercules Mavrikis (Greece), Theresa McDonagh (UK), Jose Luis Merino (Spain), Mostapha M. Nawar (Egypt), Jens Cosedis Nielsen (Denmark), Burkert Pieske (Austria), Lidija Poposka (The Former Yugoslav Republic of Macedonia), Frank Ruschitzka (Switzerland), Michal Tendera (Poland), Isabelle C. Van Gelder (Netherlands), Carol M. Wilson (Ireland).

The disclosure forms of the authors and reviewers are available on the ESC website [www.escardio.org/guidelines](http://www.escardio.org/guidelines)

#### Sinus node disease and bradycardia-tachycardia syndrome

... follow rep-  
... it is also  
... drugs and in  
... Contrary to  
... with increased

#### 5 and 6)

... justifies the  
... en ruled-out  
... ic incompete-  
... of post-  
... otropic com-  
... r and reduce  
... Senning or  
... at congestive  
... upraventricu-  
... is lacking for  
... < 40 bpm or

... rdiac pacing is  
... ence is modest  
... ereve forms of

#### base

... ports, retro-  
... all crossover  
... period and  
... et of patients  
... ops a dilated  
... pacing is par-  
... recent Euro-  
... follow-up

of 5.4 years, pacing from the RV outflow tract/lateral RV caused a significant decrease in LV function, whereas LV apex/LV mid-lateral wall pacing was associated with preserved LV function.<sup>w229</sup> For the purpose of single-site LV pacing, either epicardial implantation or implantation via the coronary sinus may be used (Web Figure 12). However, the evidence is not

#### Indications for pacing therapy in paediatric patients and congenital heart disease

Recommendations	Class <sup>a</sup>	Level <sup>b</sup>	Ref. <sup>c</sup>
<b>1) Congenital AV block.</b> Pacing is indicated in high degree and complete AV block in symptomatic patients and in asymptomatic patients with any of the following risk conditions: ventricular dysfunction, prolonged QTc interval, complex ventricular ectopy, wide QRS escape rhythm, ventricular rate <50 b.p.m., ventricular pauses >three-fold the cycle length of the underlying rhythm.	I	C	-
<b>2) Congenital AV block.</b> Pacing may be considered in asymptomatic patients with high degree and complete AV block in absence of the above risk conditions.	IIb	C	-
<b>3) Postoperative AV block in congenital heart disease.</b> Permanent pacing is indicated for postoperative advanced second degree or complete AV block persisting >10 days.	I	B	137–141
<b>4) Postoperative AV block in congenital heart disease.</b> Permanent pacing should be considered for persistent, asymptomatic post-surgical bifascicular block (with or without PR prolongation) associated with transient, complete AV block.	IIa	C	-
<b>5) Sinus node disease.</b> Permanent pacing is indicated for symptomatic sinus node disease, including brady-tachy syndrome, when a correlation between symptoms and bradycardia is judged to be established.	I	C	-
<b>6) Sinus node disease.</b> Permanent pacing may be useful for asymptomatic resting heart rate <40 b.p.m. or ventricular pauses lasting >3 sec.	IIb	C	-

AV = atrioventricular.

<sup>a</sup>Class of recommendation.

<sup>b</sup>Level of evidence.

<sup>c</sup>Reference(s) supporting recommendation(s).

Рекомендуется проведение постоянной электрокардиостимуляции при следующих клинических показаниях

1. Врожденная АВ блокада. Электрокардиостимуляция показана для симптомных и асимптомных пациентов с высокой степенью или полной АВ блокадой при наличии любого из следующих условий:

- систолическая дисфункция системного желудочка,
- удлинение корригированного интервала QT,
- желудочковая эктопия (экстрасистолия, желудочковая тахикардия),
- замещающий ритм с широкими желудочковыми комплексами,
- ритм желудочков менее 50 ударов в минуту,
- паузы ритма более чем в 3 раза превышающие базовый ритм.

**Уровень убедительности рекомендаций 1** (уровень достоверности доказательств – С).

2. Послеоперационная АВ блокада II – III степени персистирующая в течение более 10 дней после выполнения кардиохирургического вмешательства. (Уровень убедительности рекомендаций 1 (уровень достоверности доказательств –В).

3. Нейромышечные заболевания, ассоциированные с АВ блокадой II – III степени с наличием или без симптомов. (Уровень убедительности рекомендаций 1 (уровень достоверности доказательств –В).

4. Послеоперационная персистирующая асимптомная бифасикулярная блокада (с нормальным или увеличенным интервалом PQ(PR)) в сочетании с преходящей полной АВ блокадой. (Уровень убедительности рекомендаций 2 (уровень достоверности доказательств –С).

## **В.2 Хирургическое лечение**

- Рекомендовано проведение постоянной электрокардиостимуляции [17, 27, 28].

**Уровень убедительности рекомендаций 1** (уровень достоверности доказательств – А).

**Комментарии:** Абсолютными показаниями является симптомная брадикардия относительно возрастных норм. Имплантация ЭКС рекомендуется с большей предпочтительностью при синдроме тахи-брадикардии с необходимостью назначения антиаритмической терапии, когда радикальные меры лечения невозможны или при наличии синусовой брадикардии у детей с врожденным пороком сердца с ЧСС в покое менее 40 уд/мин или паузами ритма более 3 сек.

# Рекомендации Минздрава России 2016 г по выбору системы ЭКС у пациентов с АВ блокадой и СССУ

## Рекомендации Минздрава России 2016 г по выбору системы ЭКС

- *До достижения веса 15 кг проводится имплантация электрокардиостимулятора с использованием только эпикардиальных электродов.*
- *Эндокардиальная имплантация электродов допустима по достижении ребенком массы тела равной 15 кг.*
- *При массе тела от 15 до 19 кг имплантируется однокамерная эндокардиальная система.*
- *При массе тела 20 кг и более имплантируется двухкамерная эндокардиальная система.*



Однако с учетом современных мировых тенденций, а также опыта ведущих зарубежных клиник, на сегодняшний день возраст и вес пациента не должны быть абсолютными критериями выбора эпикардиальной или эндокардиальной системы и любая первая имплантация системы ЭКС у ребенка любого возраста предпочтительна эпикардиальная.

Цель первичной эпикардиальной стимуляции — сохранить вены и выбрать гемодинамически оптимальную зону стимуляции.



## Congenital and childhood atrioventricular blocks: pathophysiology and contemporary management

Alban-Elouen Baruteau<sup>1,2,3</sup> · Robert H. Pass<sup>4</sup> · Jean-Benoît Thambo<sup>2</sup> · Albin Behaghel<sup>5</sup> · Solène Le Penne<sup>5</sup> · Elodie Perdreau<sup>2</sup> · Nicolas Combes<sup>6</sup> · Leonardo Liberman<sup>7</sup> · Christopher J. McLeod<sup>8</sup>

Eur J Pediatr (2016) 175:1235–1248

**Table 1** Pacing indications in children and patients with congenital heart disease

	ESC guidelines	ACC/AHA/HRS guidelines
<b>Congenital AV block</b>		
Symptomatic advanced second- or third-degree AV block	Class I, level C	Class I, level C
Asymptomatic high degree AV block with ventricular dysfunction	Class I, level C	Class I, level B
Asymptomatic high degree AV block with prolonged QTc interval	Class I, level C	–
Asymptomatic high degree AV block with complex ventricular ectopy	Class I, level C	Class I, level B
Asymptomatic high degree AV block with wide QRS escape rhythm	Class I, level C	Class I, level B
Asymptomatic high degree AV block with abrupt ventricular pauses >threefold the basic cycle length	Class I, level C	Class IIa, level B
Asymptomatic third-degree AV block in the infant with a ventricular rate <55 bpm or with CHD and a ventricular rate <70 bpm	–	Class I, level C
Third-degree AV block beyond the first year of life with an average heart rate <50 bpm	–	Class IIa, level B
Asymptomatic high degree AV block with a ventricular rate <50 bpm	Class I, level C	–
Third-degree AV block beyond the first year of life with symptoms due to chronotropic incompetence	–	Class IIa, level B
High degree AV block in asymptomatic children/adolescents in absence of the above risk conditions	Class IIb, level C	Class IIb, level B
Asymptomatic type I second-degree AV block	–	Class III, level C
<b>Postoperative AV block</b>		
Postoperative advanced second- or third-degree AV block that persists >7 days after cardiac surgery (10 days in ESC guidelines)	Class I, level B	Class I, level B
Transient postoperative third-degree AV block that reverts to sinus rhythm with residual bifascicular block	Class IIa, level C	Class IIb, level C
Unexplained syncope in the patient with prior CHD surgery complicated by transient complete heart block with residual fascicular block	–	Class IIa, level B
Transient postoperative AV block with return of normal AV conduction in the otherwise asymptomatic patient	–	Class III, level B
Asymptomatic postoperative bifascicular block with/without first-degree AV block in the absence of prior transient complete AV block	–	Class III, level C

Levels of evidence are classified in “level A” if data are derived from multiple randomized clinical trials or meta-analyses, “level B” if data are derived from a single randomized clinical trial or large non-randomized studies, and “level C” if there is a consensus of opinion of the experts and/or if data are

В обзоре приведены сравнения показаний к постоянной стимуляции у детей, европейского и общества кардиологов и американского. Показания по сути, сводятся к тому что каждый симптомный пациент, с необратимой АВ блокадой высокой степени требует постоянной имплантации кардиостимулятора.

# Рекомендации по применению постоянной кардиостимуляции у детей, подростков и пациентов с врожденными пороками сердца



ВСЕРОССИЙСКОЕ НАУЧНОЕ ОБЩЕСТВО СПЕЦИАЛИСТОВ ПО КЛИНИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИИ, АРИТМОЛОГИИ И КАРДИОСТИМУЛЯЦИИ (ВНОА)

Класс рекомендаций	Уровень доказанности	Рекомендации
Класс I	B	Нарушение функции СПУ с корреляцией симптомов с несоответствующей возрасту брадикардией. Определение брадикардии варьирует в зависимости от возраста пациента и ожидаемой ЧСС.
	B	Послеоперационная АВ-блокада 2 степени 2 типа или АВ-блокада 3 степени, если не прогнозируется ее разрешение после операции на сердце или если она не разрешается в течение 10 дней.
Класс I	C	Имплантация постоянного кардиостимулятора показана пациентам с врожденной высокоуровневой или полной атриовентрикулярной блокадой при наличии симптоматики и с каким-либо из следующих состояний: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Желудочковый ритм менее 50;</li> <li>- Дисфункция миокарда желудочков;</li> <li>- Широкие комплексы QRS замещающего ритма;</li> <li>- Желудочковая эктопия высоких градаций (полиморфная и/или парная, и/или аллоритмия);</li> <li>- Паузы в желудочковом ритме превышающие 3 интервала базового ритма;</li> <li>- Пролонгированный интервал QT с наличием антител к клеткам проводящей системы сердца.</li> </ul>
	C	Имплантация кардиостимулятора рекомендована пациентам с симптомным синдромом слабости синусового узла, включая синдром тахибради, если связь между симптомами и брадикардией доказана.
Класс IIa	C	Бессимптомная синусовая брадикардия у детей со сложным врожденным пороком сердца при ЧСС в покое менее 40 ударов в минуту или паузах в желудочковом ритме более 3 секунд.
	C	Пациенты с врожденным пороком сердца и нарушением гемодинамики вследствие синусовой брадикардии или предсердно-желудочковой диссинхронии.
	B	Синкопальные состояния неясного генеза у пациентов после хирургической коррекции порока сердца осложненные кратковременной АВ-блокадой 3 степени и остаточной блокадой ножки пучка Гиса при отсутствии иных причин синкопальных состояний.
	C	Синдром брадикардии-тахикардии при необходимости длительной антиаритмической терапии без применения препаратов дигиталиса.
	C	Имплантация кардиостимулятора может быть рассмотрена для пациентов с персистирующей послеоперационной бифасцикулярной блокадой (с/без удлинения PQ интервала), в сочетании с преходящей АВ-блокадой 3 степени.

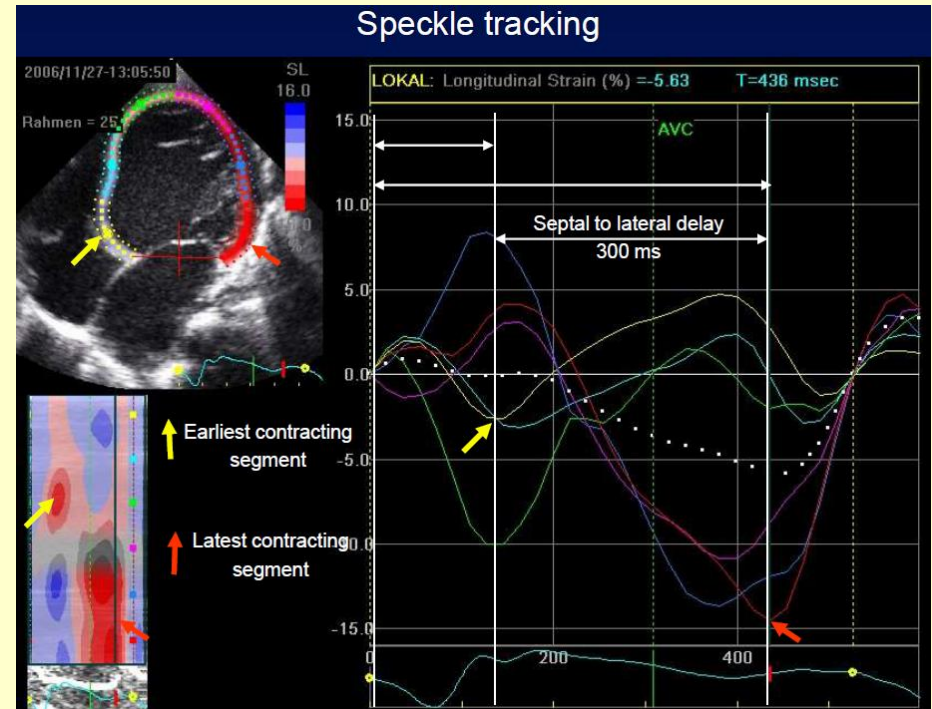
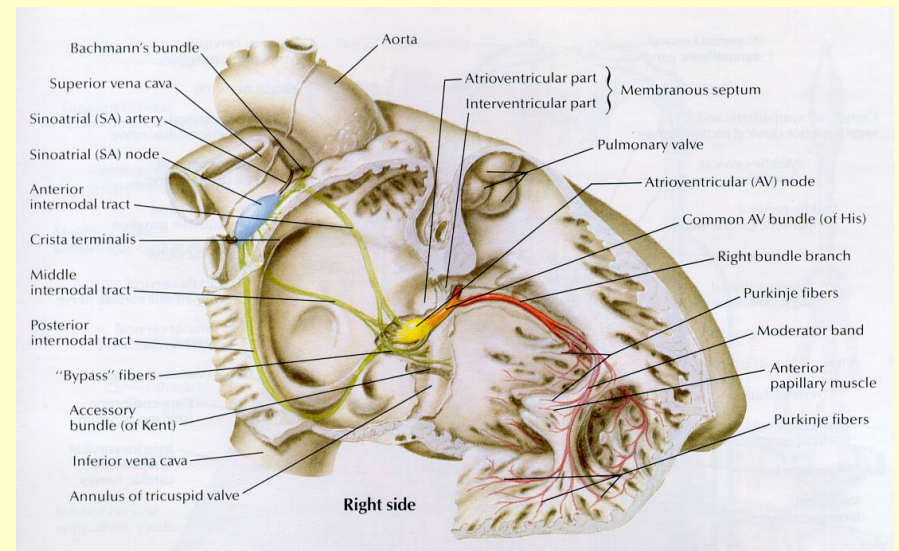
Показания к кардиостимуляции у новорожденных и детей основываются не на клинической картине, а на частоте сердечного ритма, продолжительности пауз, толерантности к физической нагрузке, структурной патологии сердца.

Ряд проспективных исследований доказали эффективность ранней кардиостимуляции (от момента постановки диагноза) в увеличении выживаемости больных, предотвращению синкопальных состояний, профилактике структурного ремоделирования миокарда с развитием сердечной недостаточности.

Наряду с очевидными положительными эффектами восстановления ритма сердца при использовании традиционной схемы ЭКС, подразумевающей трансвенозную стимуляцию правого желудочка, работа сердца остается далекой от «природной» и вызывает аномальную электрическую схему активации, что приводит к механической диссинхронии и, как следствие, нарушению насосной функции, ремоделированию левого желудочка и риску развития СН.

Во время желудочковой стимуляции начало и последовательность электрической желудочковой активации отличаются от тех, которые проявляются при обычных (стандартных) физиологических обстоятельствах

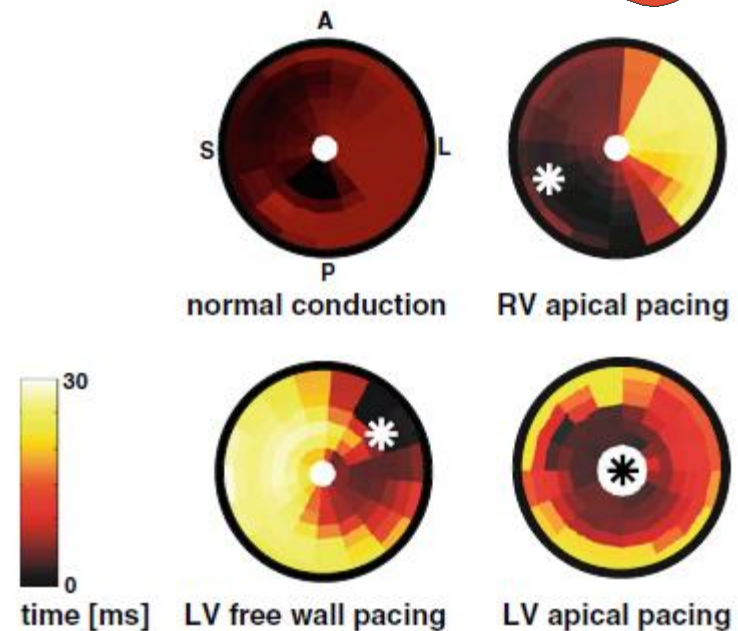
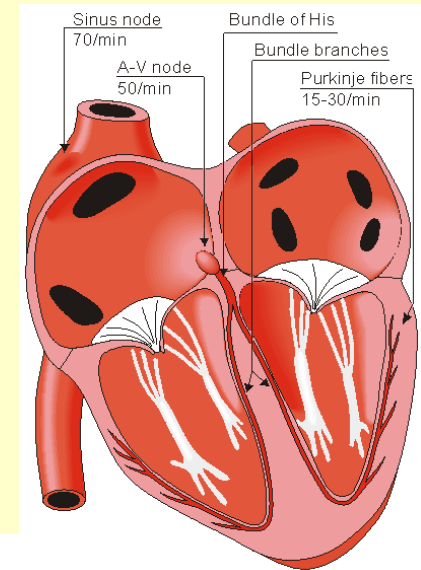
Благодаря методике 2D strain (speckle tracking) мы можем определить выраженность диссинхронии. Стрелками указана диссинхрония базальных сегментов ЛЖ.



# Патофизиология стимуляции желудочков

Во время желудочковой стимуляции начало и последовательность электрической желудочковой активации отличаются от нормальных физиологических условий. С точки стимуляции, волна электрической активации распространяется по миокарду желудочков через медленно передающий миокард, вместо того, чтобы быстро проводить импульс по проводящей системе. Медленная передача от ячейки к ячейке электрического импульса приводит к асинхронной электрической желудочковой активации с ранней активацией ближайших миоцитов к месту стимуляции и отсроченной активации клеток в отдаленных участках миокарда.

Электрическая асинхронность, индуцированная при желудочковой стимуляции приводит к диссинхронному сокращению.





## What's new in cardiac pacing in children?

Jan Janoušek and Peter Kubuš

### Purpose of review

To review and prioritize data on pediatric cardiac pacing published during the period of the last 18 months.

### Recent findings

New approaches to preservation of ventricular function in pediatric pacing are based on recent publications confirming major influence of the ventricular pacing site on left ventricular (LV) function and synchrony. Current studies on epicardial vs. transvenous pacing continue to show survival superiority of endocardial leads. Long-term outcome of epicardial pacing may, however, be positively influenced by technical refinements. Recent amendments of the guidelines for cardiac resynchronization therapy (CRT) in adult idiopathic and ischemic cardiomyopathy are likely to influence CRT indications in children. Novel data give interesting insights into implantable cardioverter-defibrillator (ICD) lead survival as well as the use of ICDs in young patients with hypertrophic cardiomyopathy.

### Summary

Pediatric cardiac pacing and ICD therapy is still a developing field likely to improve with technical refinements, proper lead placement and more specific therapy indications. The current review will give the reader information about recent developments and directions for the future.

### Keywords

cardiac pacing, cardiac resynchronization therapy, children, dyssynchrony, heart failure, implantable cardioverter-defibrillator, leads, pacemaker, sudden cardiac death

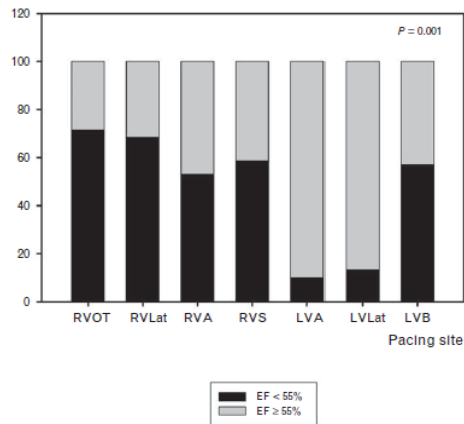
### INTRODUCTION

Four major topics emerged from the review of recent literature: novel approaches to preservation of ventricular function in pediatric pacing; long-term survival of epicardial and transvenous pacing systems in childhood; new amendments of the cardiac resynchronization therapy guidelines; and novel data on implantable cardioverter-defibrillator (ICD) therapy in children and patients with congenital heart disease.

Based on experimental [1] and clinical [2] studies, right ventricular (RV) pacing induces left ventricular (LV) electromechanical dyssynchrony associated with contraction inefficiency and devel-

(≥28%) in all LV-paced individuals and decreased in 16.6% of patients paced from the endocardial or epicardial RV ( $P = 0.029$ ). Fueled by these results, two further studies [7\*,8\*\*] on the influence of pacing on LV function were recently published to provide meaningful conclusions regarding the choice of the ventricular pacing site in children.

Discussion on proper technique of cardiac pacing in children has persisted for several decades, focusing primarily, but not only, on the choice and respective advantages of transvenous vs. epicardial pacing. Clarity of published evidence has been influenced by differences in the characteristics of epicardially and transvenously paced patients. The latter

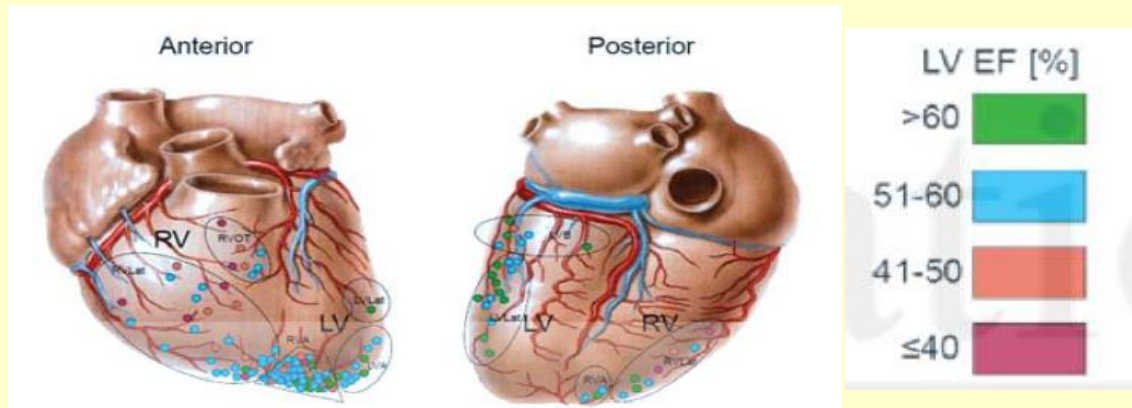


ejection fraction at cross-sectional follow up. Each bar indicates a specific normal and subnormal values. (b) Proportion of patients with decreased follow up. LVA, LV apex; LVB, LV base; LVLat, lateral LV wall; RVA, right vent RVOT, free wall of the right ventricular outflow tract; and RVS, right ventricu\*\*].

Первичная ЛЖ стимуляция сохраняет функцию ЛЖ у детей, Большое многоцентровое исследование было проведено 2013 г. [Janoušek J, van Geldorp IE, Krupičková S, et al., Working Group for Cardiac Dysrhythmias and Electrophysiology of the Association for European Pediatric Cardiology. Permanent cardiac pacing in children: choosing the optimal pacing site: a multicenter study. Circulation 2013].

Пациенты со структурно нормальным сердцем (N - 178) из 21 центра с диагнозом полной АВБ, период наблюдения 5,4 года. Авторы оценили влияние 7 зон стимуляции на синхронность и функцию ЛЖ (Свободная стенка ПЖ, ВОПЖ, боковая стенка ПЖ, верхушка ПЖ, перегородка ПЖ, верхушка ЛЖ, средняя боковая стенка ЛЖ).

Место стимуляции желудочков оказывает существенное влияние на синхронную, эффективность и насосную функцию ЛЖ. Из оцененных участков, стимуляция верхушки ЛЖ и боковая стенки ЛЖ имела наибольший потенциал для предотвращения диссинхронической пейсмекериндуцированной кардиомиопатии, тогда как стимуляция выходного отдела ПЖ и боковой стенки ПЖ связана с высоким риском дисфункции ЛЖ.





Длительность комплекса QRS не является многопараметрическим предиктором пониженной функции ЛЖ, поскольку продолжительность комплекса QRS отражает общее время электрической активации, но не последовательность активации. Исследование показало что отрицательные эффекты диссинхронии ЛЖ, возникающие при стимуляции ПЖ, можно предотвратить левожелудочковой стимуляцией независимо от продолжительности QRS.

## Permanent Cardiac Pacing in Children - Choosing the Optimal Pacing Site: A Multi-Center Study

Running title: Janoušek et al.; Optimal pacing site in children

Jan Janoušek, MD, PhD<sup>1</sup>; Irene E. van Geldorp, MD<sup>2</sup>; Sylvia Krupačková, MD, PhD<sup>1</sup>; Eric Rosenthal, MD<sup>3</sup>; Kelly Nugent, BSc<sup>3</sup>; Maren Tomaske, MD<sup>4</sup>; Andreas Früh, MD<sup>5</sup>; Jan Elders, RN, MA<sup>6</sup>; Anita Hippala, MD<sup>7</sup>; Gunter Kerst, MD<sup>8</sup>; Roman A. Gebauer, MD<sup>9</sup>; Peter Kubuš, MD<sup>1</sup>; Patrick Frias, MD<sup>10</sup>; Fulvio Gabbarini, MD<sup>11</sup>; Sally-Ann Ctr, MBBCh, MSc, FCP(SA)Paed, PhD<sup>12</sup>; Bert Nagel, MD<sup>13</sup>; Javier Ganame, MD<sup>14</sup>; John Papagiannis, MD, PhD<sup>15</sup>; Jan Marek, MD<sup>16</sup>; Svtjetlana Tisma-Dupanovic, MD<sup>17</sup>; Sabrina Tsao, MD<sup>18</sup>; Jan-Hendrik Nümborg, MD<sup>19</sup>; Christopher Wren, MD<sup>20</sup>; Mark Friedberg, MD<sup>21</sup>; Maxime de Guillebon, MD<sup>22</sup>; Julia Volaufova, PhD<sup>23</sup>; Frits W. Prinzen, MD, PhD<sup>24</sup>; Tammo Delhaas, MD, PhD<sup>25</sup> for the Working Group for Cardiac Dysrhythmias and Electrophysiology of the Association for European Pediatric Cardiology

<sup>1</sup>Children's Heart Ctr, Univ Hosp Motol, Prague, Czech Republic; <sup>2</sup>Pediatric Cardiology; <sup>3</sup>Dept of Physiology; <sup>4</sup>Dept of Biomedical Engineering, Cardiovascular Resrch Inst Maastricht, Maastricht Univ Medical Ctr, Maastricht, The Netherlands; <sup>5</sup>Evelina Children's Hosp, London, UK; <sup>6</sup>Univ Children's Hosp, Zurich, Switzerland; <sup>7</sup>Oslo Univ Hosp, Oslo, Norway; <sup>8</sup>Dept of Cardiology, UMC St. Radboud, Nijmegen, The Netherlands; <sup>9</sup>Dept of Pediatric Cardiology, Children's Hosp, Univ of Helsinki and Helsinki Univ Central Hosp, Helsinki, Finland; <sup>10</sup>Pädiatrische Kardiologie, Universitätsklinik für Kinder- und Jugendmedizin, Tübingen; <sup>11</sup>Dept of Pediatric Cardiology, Univ of Leipzig, Heart Centre, Leipzig, Germany; <sup>12</sup>Dept of Pediatric Cardiology, Children's Hosp of Atlanta, Atlanta, GA; <sup>13</sup>Pediatric Cardiology Division, Children's Hosp Regina Margherita, Turin, Italy; <sup>14</sup>Emma Children's Hosp - Academic Medical Center, Amsterdam, and Center for Congenital Heart Anomalies Amsterdam-Leiden (CAHAL), Amsterdam, The Netherlands; <sup>15</sup>Div of Pediatric Cardiology, Children's Hosp, Medical University Graz, Austria; <sup>16</sup>Pediatric Cardiology, Univ Hosp Leuven, Leuven, Belgium; <sup>17</sup>Div of Pediatric Cardiology, Mitera Children's Hospital, Maroussi, Greece; <sup>18</sup>Pediatric Cardiology, Great Ormond Street Hosp, London, UK; <sup>19</sup>Cardiology Section, Children's Mercy Hospitals and Clinics, Kansas City, MO; <sup>20</sup>Div of Cardiology, Children's Memorial Hosp, Chicago, IL; <sup>21</sup>Klinikum Links der Weser, Abt. Pediatric Cardiology, Bremen, Germany; <sup>22</sup>Pediatric Cardiology, The Newcastle upon Tyne Hospitals, NHS Foundation Trust, Newcastle upon Tyne, UK; <sup>23</sup>Div of Cardiology, The Hosp for Sick Children, Toronto, Canada; <sup>24</sup>Dept of Congenital Heart Disease, Hôpital Cardiologique du Haut-Lévêque, Bordeaux Univ Hospitals, Bordeaux-Mérignac, France; <sup>25</sup>Biostatistics Program, LSU Health Sciences Ctr, Sch of Public Health, New Orleans, LA

### Address for Correspondence:

Jan Janoušek MD, PhD

Children's Heart Center, University Hospital Motol

V Úvalu 84

150 06 Prague 5

Czech Republic

Tel: +420 224432900

Fax: +420 224432920

E-mail: jan.janoušek@lfmotol.cuni.cz

Journal Subject Codes: [11] Other heart failure; [120] Pacemaker; [41] Pediatric and congenital heart disease, including cardiovascular surgery

Permanent Cardiac Pacing in Children - Choosing the Optimal Pacing Site:  
A Multi-Center Study

Running title: Janoušek et al.; Optimal pacing site in children

Jan Janoušek, MD, PhD<sup>1</sup>; Irene E. van Geldorp, MD<sup>2</sup>; Sylvia Krupičková, MD, PhD<sup>1</sup>; Eric Rosenthal, MD<sup>3</sup>; Kelly Nugent, BSc<sup>4</sup>; Maren Tomasko, MD<sup>5</sup>; Andreas Früh, MD<sup>1</sup>; Jan Elders, RN, MA<sup>6</sup>; Anita Hippala, MD<sup>7</sup>; Gunter Kerst, MD<sup>8</sup>; Roman A. Gebauer, MD<sup>9</sup>; Peter Kubuš, MD<sup>10</sup>; Patrick Frias, MD<sup>11</sup>; Fulvio Gabbriani, MD<sup>12</sup>; Sally-Ann Ctr, MBBCh, MSc, FCP(SA)Paed, PhD<sup>13</sup>; Bert Nagel, MD<sup>14</sup>; Javier Ganame, MD<sup>15</sup>; John Papagiannis, MD, PhD<sup>16</sup>; Jan Marek, MD<sup>17</sup>; Svyetlana Tisma-Dupanovic, MD<sup>17</sup>; Sabrina Tsao, MD<sup>18</sup>; Jan-Hendrik Numborg, MD<sup>19</sup>; Christopher Wren, MD<sup>20</sup>; Mark Friedberg, MD<sup>21</sup>; Maxime de Gullebon, MD<sup>22</sup>; Julia Volatova, PhD<sup>23</sup>; Frits W. Prinzen, MD, PhD<sup>24</sup>; Tammo Delhaas, MD, PhD<sup>25</sup> for the Working Group for Cardiac Dysrhythmias and Electrophysiology of the Association for European Pediatric Cardiology

<sup>1</sup>Children's Heart Ctr, Univ Hosp Motol, Prague, Czech Republic; <sup>2</sup>Pediatric Cardiology; <sup>3</sup>Dept of Physiology; <sup>4</sup>Dept of Biomedical Engineering, Cardiovascular Rorsch Inst Maastricht, Maastricht Univ Medical Ctr, Maastricht, The Netherlands; <sup>5</sup>Evelina Children's Hosp, London, UK; <sup>6</sup>Univ Children's Hosp, Zurich, Switzerland; <sup>7</sup>Oslo Univ Hosp, Oslo, Norway; <sup>8</sup>Dept of Cardiology, UMC St. Radboud, Nijmegen, The Netherlands; <sup>9</sup>Dept of Pediatric Cardiology, Children's Hosp, Univ of Helsinki and Helsinki Univ Central Hosp, Helsinki, Finland; <sup>10</sup>Pädiatrische Kardiologie, Universitätsklinik für Kinder- und Jugendmedizin, Tübingen; <sup>11</sup>Dept of Pediatric Cardiology, Univ of Leipzig, Heart Centre, Leipzig, Germany; <sup>12</sup>Dept of Pediatric Cardiology, Children's Hosp of Atlanta, Atlanta, GA; <sup>13</sup>Pediatric Cardiology Division, Children's Hosp Regina Margherita, Turin, Italy; <sup>14</sup>Emma Children's Hosp - Academic Medical Center, Amsterdam, and Center for Congenital Heart Anomalies Amsterdam-Leiden (CAHAL), Amsterdam, The Netherlands; <sup>15</sup>Div of Pediatric Cardiology, Children's Hosp, Medical University Graz, Austria; <sup>16</sup>Pediatric Cardiology, Univ Hosp Leuven, Leuven, Belgium; <sup>17</sup>Div of Pediatric Cardiology, Mitera Children's Hospital, Marousi, Greece; <sup>18</sup>Pediatric Cardiology, Great Ormond Street Hosp, London, UK; <sup>19</sup>Cardiology Section, Children's Mercy Hospitals and Clinics, Kansas City, MO; <sup>20</sup>Div of Cardiology, Children's Memorial Hosp, Chicago, IL; <sup>21</sup>Klinikum Links der Weser, Abt. Pediatric Cardiology, Bremen, Germany; <sup>22</sup>Pediatric Cardiology, The Newcastle upon Tyne Hospitals, NHS Foundation Trust, Newcastle upon Tyne, UK; <sup>23</sup>Div of Cardiology, The Hosp for Sick Children, Toronto, Canada; <sup>24</sup>Dept of Congenital Heart Disease, Hôpital Cardiologique du Haut-Levéque, Bordeaux Univ Hospitals, Bordeaux-Pessac, France; <sup>25</sup>Biostatistics Program, LSU Health Sciences Ctr, Sch of Public Health, New Orleans, LA

Address for Correspondence:

Jan Janoušek MD, PhD  
Children's Heart Center, University Hospital Motol  
V Úvalu 84  
150 06 Prague 5  
Czech Republic  
Tel: +420 224432900  
Fax: +420 224432920  
E-mail: jan.janoušek@lfmotel.cuni.cz

Journal Subject Codes: [11] Other heart failure; [120] Pacemaker; [41] Pediatric and congenital heart disease, including cardiovascular surgery

ПЖ стимуляция связана с подавлением систолической функцией ЛЖ и вызывает постепенное (последовательное) снижение систолической функции ЛЖ по сравнению с до имплантационными значениями.

Результаты этого исследования также показывают, что стимуляция ЛЖ может заменить первичную бивентрикулярную стимуляцию, которая, как недавно было показано, сохраняет функцию ЛЖ у взрослых пациентов с постоянной стимуляцией.

Томаске и соавт. и Vanagt et al. в малом описательном докладе по детям обобщают, что для улучшения функции левого желудочка вместо бивентрикулярной стимуляции может использоваться стимуляция левого желудочка, который был скомпрометирован длительной правожелудочковой стимуляцией.

Продолжительность QRS не была многопараметрическим предиктором снижения функции ЛЖ, поскольку она отражает общее время электрической активации, но не последовательность активации.

Исследование MADIT-CRT показало, что морфология блокады левой ножки пучка Гиса, а не продолжительность QRS, является необходимым условием для эффективности сердечной ресинхронизирующей терапии. Исследование указывает, что отрицательные эффекты диссинхронии ЛЖ, вызванные стимуляцией ПЖ, можно предотвратить с помощью ЛЖ стимуляция независимо от продолжительности QRS.

# Апикальная стимуляция левого желудочка у детей: целесообразность и долгосрочное влияние на желудочковую функцию.

ESC  
European Society  
of Cardiology

Europace (2020) 22, 306–313  
doi:10.1093/europace/euz235

CLINICAL RESEARCH  
Pacing and cardiac resynchronization therapy

## Left ventricular apical pacing in children: feasibility and long-term effect on ventricular function

Jan Kovanda<sup>1\*</sup>, Miroslav Ložek<sup>1,2</sup>, Shin Ono<sup>3</sup>, Peter Kubuš<sup>1</sup>, Viktor Tomek<sup>1</sup>, and Jan Janoušek<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Children's Heart Centre, 2nd Faculty of Medicine, Charles University in Prague, Motol University Hospital, V Úvalu 84, 150 06 Prague 5, Czech Republic; <sup>2</sup>Department of Biomedical Informatics, 1st Faculty of Medicine, Charles University in Prague, Prague, Czech Republic; and <sup>3</sup>Department of Pediatric Cardiology, Kanagawa Children's Medical Center, Kanagawa, Japan

Received 23 July 2019; editorial decision 20 October 2019; accepted 5 November 2019; online publish-ahead-of-print 6 December 2019

**Aims** Left ventricular apical pacing (LVAP) has been reported to preserve left ventricular (LV) function in chronically paced children with complete atrioventricular block (CAVB). We sought to evaluate long-term feasibility of LVAP and the effect on LV mechanics and exercise capacity as compared to normal controls.

**Methods and results** Thirty-six consecutive paediatric patients with CAVB and LVAP in the absence (N=22) or presence of repaired structural heart disease (N=14, systemic LV in all) and 25 age-matched normal controls were cross-sectionally studied after a median of 3.9 (interquartile range 2.1–6.8) years of pacing using echocardiography and exercise stress testing. Pacemaker implantation was uneventful and there was no death. Probability of the absence of pacemaker-related surgical revision (elective generator replacement excluded) was 89.0% at 5 years after implantation. Left ventricular apical pacing patients had lower maximum oxygen uptake (P=0.009), no septal to lateral but significant apical to basal LV mechanical delay (P<0.001) which correlated with decreased LV contraction efficiency (P=0.001). Left ventricular ejection fraction and global longitudinal LV strain were, however, not different from controls. Results were similar in both the presence and absence of structural heart disease.

**Conclusion** Left ventricular apical pacing is technically feasible with a low reintervention rate. Mechanical synchrony between LV septum and free wall is maintained at the price of an apical to basal mechanical delay associated with LV contraction inefficiency as compared to healthy controls. Global LV systolic function is, however, not negatively affected by LVAP.

## Conclusions

Left ventricular apical pacing maintains mechanical synchrony between LV septum and free wall at the price of a significant apical to basal mechanical delay associated with LV contraction inefficiency as compared to healthy controls. Global LV systolic function is, however, not negatively affected. Results are similar in both the presence and absence of structural heart disease. Pacing-related complications

Механическая синхронность между перегородкой ЛЖ и свободной стенкой сохраняется за счет апикально базальной механической задержки, которая связана с неэффективностью сокращения ЛЖ по сравнению со здоровым контролем. Однако на глобальную систолическую функцию ЛЖ LVAP не влияет.

LVAP связана с полным сохранением глобальной систолической функции ЛЖ .....  
Синхронность ЛЖ сохраняется независимо от наличия или отсутствия структурной болезни сердца.  
LVAP технически осуществима с низкой вероятностью хирургического повторного вмешательства, несмотря на значительный активный рост пациентов, и ассоциируется с нормальным уровнем заряда батареи ЭКС и стабильными порогами стимуляции.

Table 1 Demographic and clinical data

	Group A (N = 22)	Group B (N = 14)	Group C (N = 25)
	CAVB (structurally normal heart)	CAVB (structural heart disease)	Age-matched controls
Age at implantation (years)	1.04 (0.02–5.79)	1.74 (0.75–2.79)	–
Pacing duration (years)	4.35 (2.68–6.18)	3.14 (1.73–8.79)	–
Age at evaluation (years)	7.31 (5.46–10.39)	7.55 (3.35–10.48)	7.84 (5.9–10.3)
Growth during pacing period ( $\Delta$ height %)	45.1 (16.6–120.5)	38.02 (15.4–45.4)	–
Pacing mode	VVIR = 18/DDD = 4	VVIR = 1/DDD = 13	–
Surgical approach	Subxiphoid = 18 Sternotomy = 4	Subxiphoid = 0 Sternotomy = 14	–
NT-proBNP at evaluation (ng/L) <sup>a</sup>	115 (77–275)	188 (116–431)	–
Patients with increased NT-proBNP (N) <sup>a</sup>	3/22	6/13	–

Data are given as median (interquartile range) or absolute numbers.

CAVB, complete atrioventricular block; NT-proBNP, N-terminal fragment of pro-brain natriuretic peptide.

<sup>a</sup>In three patients in Group A and one patient in Group B NT-proBNP levels were obtained earlier than at the time of cross-sectional evaluation.

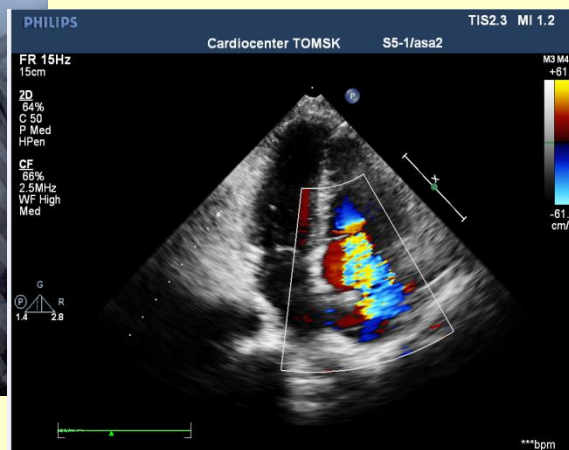
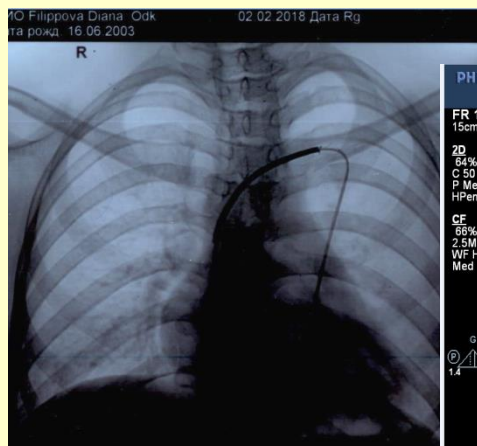
Downloaded from https://academic.oup.com/europace/advance-article-abstract/doi/10.1093/europace/euz235 by Tohoku National Research Medical Center user on 06 December 2019



# Выбор способа имплантации - эпикардиальный или эндокардиальный

## Эндокардиальная ЭКС:

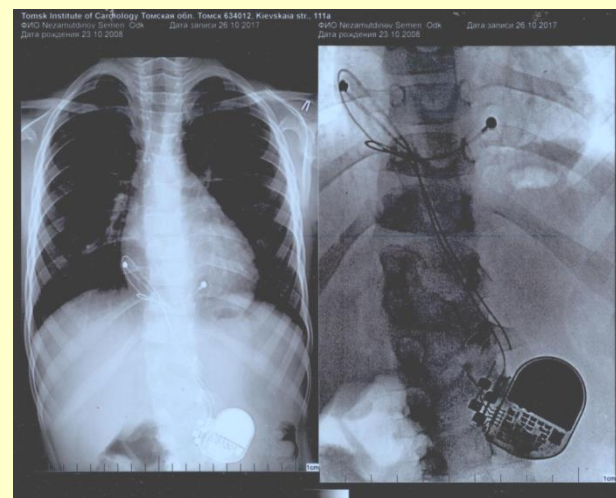
нарушение изоляции, дислокация электродов, перфорация сердца, недостаточности клапанов в следствии большой скученности электродов, бактериальный эндокардит, венозные тромбозы.



На электроде в правом предсердии мягкое "кольцевидное" подвижное наложение (тромб).

## Эпикардиальная ЭКС:

нарушение целостности электрода вследствие механического повреждения, менее длительная выживаемость электродов (?), странгуляция сердца, риски связанные с торакальной хирургией.



Разрыв эпикардиального электрода

Ни эпикардиальный, ни эндокардиальный подход в постоянной кардиостимуляции не свободны от осложнений. Учитывая «серьёзность» осложнений эндокардиальной стимуляции, эпикардиальный способ имплантации ЭКС все чаще становится приоритетным хирургическим доступом при первичной двукамерной имплантации у детей.

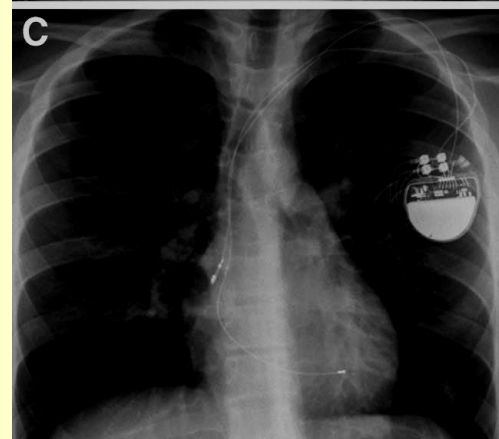
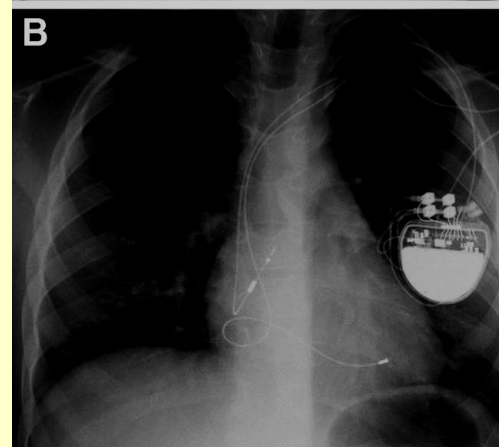
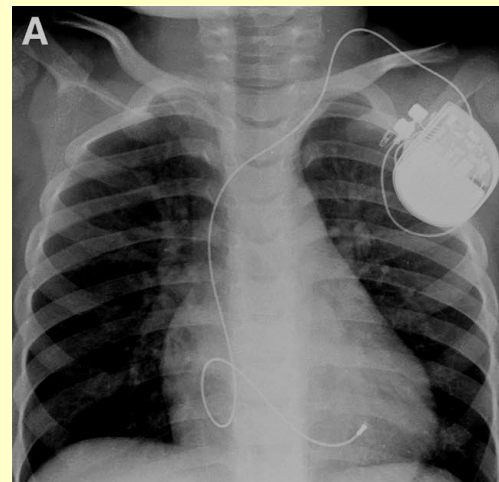
# Эндокардиальная стимуляция гемодинамические проблемы

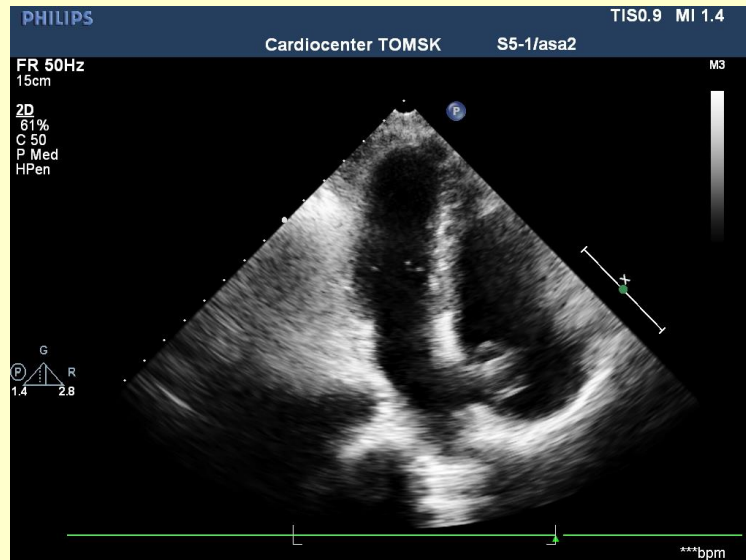
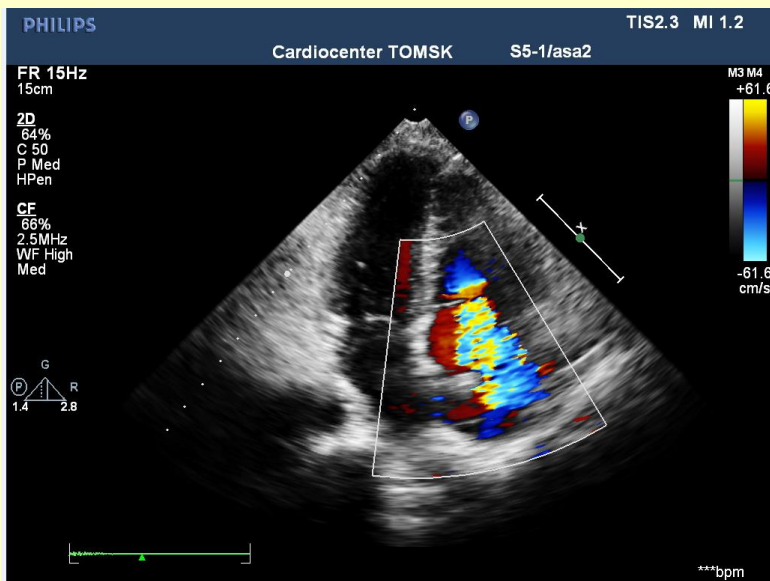
Верхушка ПЖ является самой частой зоной стимуляции вследствие более доступного трансвенозного доступа, который обеспечивает стабильное положение электрода с отсутствием смещения, однако длительная апикальная эндокардиальная стимуляция ПЖ вызывает ятрогенный блок ветвей пучка Гиса и может приводить к пейсмекер-индуцированной кардиомиопатии.

Kim JJ, Friedman RA, Eidem BW, Cannon BC, Arora G, Smith EO, Fenrich AL, Kertesz NJ (2007) Ventricular function and long-term pacing in children with congenital complete atrioventricular block. *J Cardiovasc Electrophysiol* 18:373–377

Thambo JB, Bordachar P, Garrigue S, Lafitte S, Sanders P, Reuter S, Girardot R, Crepin D, Reant P, Roudaut R, Jaïs P, Haïssaguerre M, Clementy J, Jimenez M (2004) Detrimental ventricular remodelling in patients with congenital complete heart block and chronic right ventricular apical pacing. *Circulation* 110:3766–3772

Alban-Elouen Baruteau, Robert H. Pass Jean-Benoit Thambo  
Congenital and childhood atrioventricular blocks:  
pathophysiology and contemporary management. *Eur J Pediatr* (2016) 175:1235–1248





Электрод в правом предсердии и правом желудочке.  
 Регургитация на трикуспидальном клапане 3 степени.  
 На электроде в правом предсердии мягкое  
 "кольцевидное" подвижное наложение (тромб).

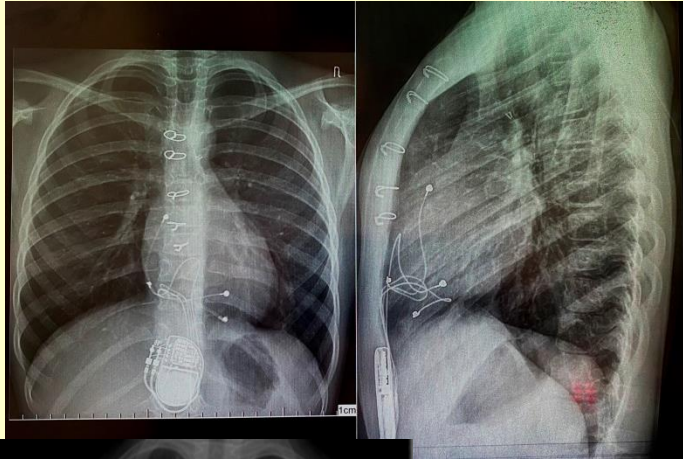
## Бактериальный эндокардит через 10 лет после первичной имплантации ИКД

Под нашим наблюдением находится ребенок, которому первичная эндокардиальная имплантация ИКД выполнена в возрасте 8 лет, через 6 лет проведена смена батареи, тогда же по ЭхоКГ выявлена недостаточность ТК 3 ст. Через 10 лет после имплантации у ребенка диагностирован бактериальный эндокардит. После купирования активного бактериального процесса ребенку проведена операция удаление инфицированных электродов и ИКД – протезирование ТК. Реимплантация ИКД и электродов выполнена эпикардиально. В настоящее время, учитывая накопленный нами опыт, первичную имплантацию такому пациенту (ребенку 8 лет) мы бы проводили эпикардиальным способом.

# Технические проблемы имплантации

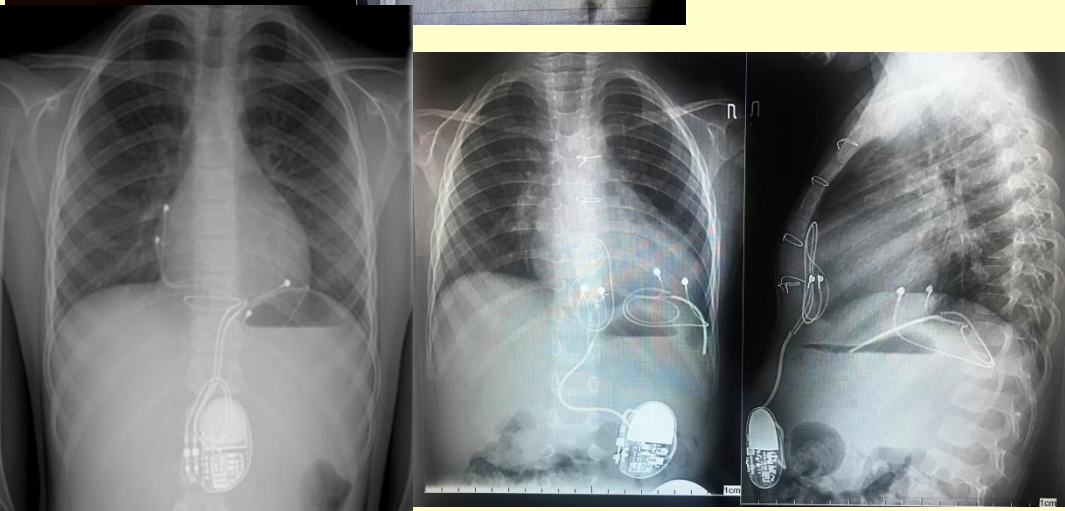
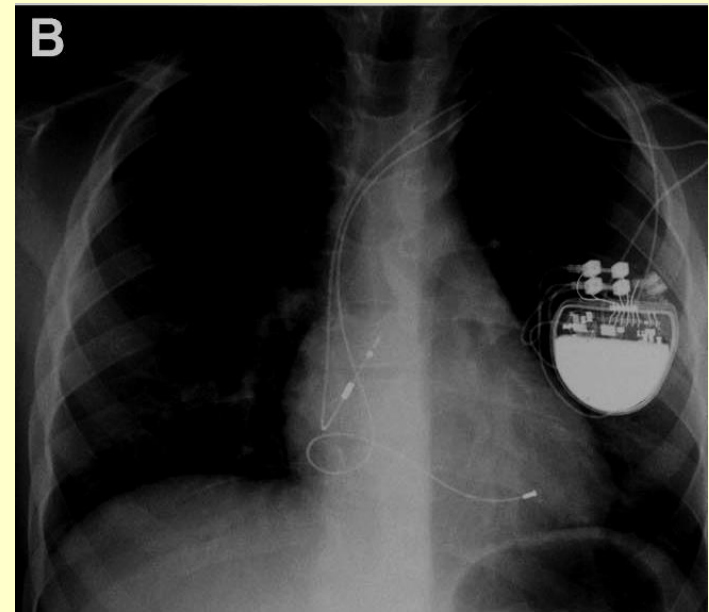
## Эпикардиальной стимуляции

место для фиксации эпикардиальных электродов. Оптимальная область должна соответствовать следующим условиям: отсутствие жировой ткани; отсутствие фибрина; гематомы; отсутствие кардиотомного рубца; отсутствие ветвей коронарных артерий или вен; отсутствие перикардиальных спаек. Технической проблемой могут быть размещение избыточной длины электродов.

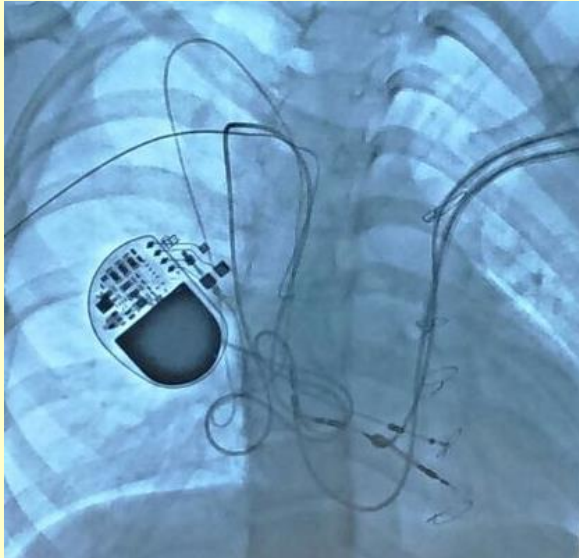


## Эндокардиальной стимуляции

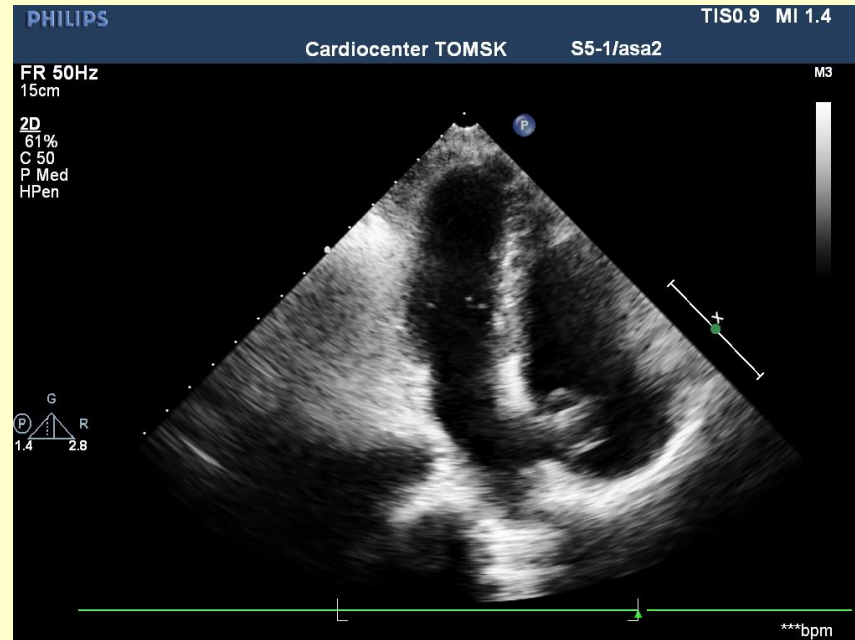
избыточные петли электродов располагают в правом предсердии, чтобы учесть рост ребенка. Цикл не должен быть слишком чрезмерным так как возможно прилипание электродов к трикуспидальному клапану стенке предсердия с возможной перфорацией или выпадение избыточной петли в полость ПЖ.



# Проблема экстракции эндокардиальных электродов



Дополнительную проблему в педиатрической кардиостимуляции представляет «скученность» электродов вследствие их реимплантации при трансвенозном способе ЭКС.



Cecchin F, Atallah J, Walsh EP, et al. Lead extraction in pediatric and congenital heart disease patients. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2010; 3:437–444.

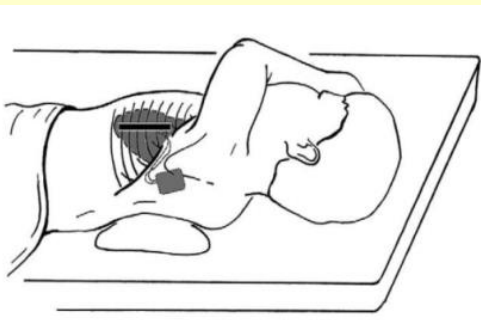
## Эпикардальная имплантация . Левая латеральная торакотомия.



хороший косметический эффект  
доступное расположение (непосредственную близость) левого желудочка при фиксации электродов на его поверхность.

Недостатки:

- травматичный
- сопряжен с разгерметизацией плевральной полости и обширной хирургической травмой межреберных мышц.
- ограничивает размещение и формирование ложа кардиостимулятора в подлопаточном пространстве, а размещение ЭКС в плевральной полости, довольно часто является причиной болевого синдрома
- ограничен для применения новорожденных пациентов или пациентов с низкой массой тела.
- фиксация предсердного электрода при этом доступе осуществляется к стенке ЛП.



**Left heart atrial and ventricular epicardial pacing through a left lateral thoracotomy in children: a safe approach with excellent functional and cosmetic results**

Ali Dodge-Khatami, Alexander Kadner, Hitendu Dave, Mariette Rahn, René Prêtre and Urs Bauersfeld

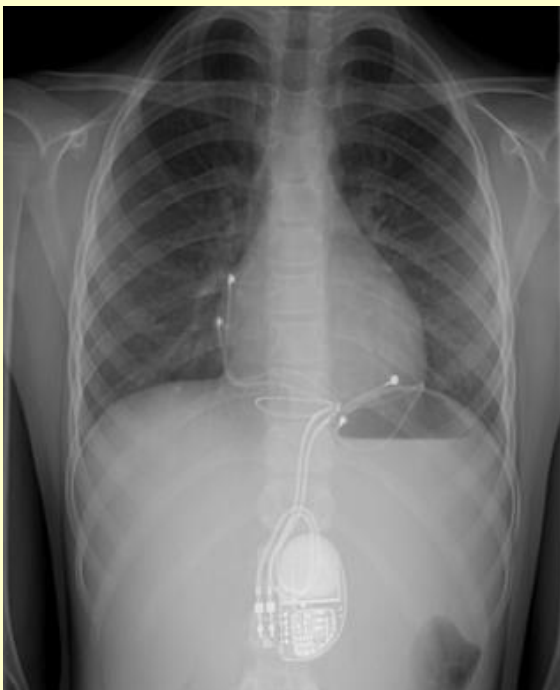
*Eur J Cardiothorac Surg* 2005;28:541-545

# Срединная стернотомия

- обеспечен простой доступ к ПП
- возможны трудности с фиксацией электродов в проекции верхушки ЛЖ.
- послеоперационные деформации грудины,
- формирование спаечного процесса.

Несмотря на недостатки, срединная стернотомия при эпикардиальной двухкамерной стимуляции остается методом выбора у пациентов раннего возраста, учитывая известные осложнения эндокардиальной стимуляции все чаще становится приоритетным хирургическим доступом при первичной имплантации ЭКС.

**В настоящее время каждая клиника, исходя из собственного опыта операции, самостоятельно определяет способ хирургического доступа для установки двухкамерной эпикардиальной системы,.**



## Minimally Invasive Epicardial Pacemaker Implantation in Neonates with Congenital Heart Block

Roberto Costa,<sup>1</sup> Katia Regina da Silva,<sup>1</sup> Martino Martinelli Filho,<sup>1</sup> Roger Carrillo<sup>2</sup>

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas de Faculdade de Medicina de Universidade de São Paulo,<sup>1</sup> São Paulo, SP – Brazil; University of Miami - Miller School of Medicine,<sup>2</sup> Miami - USA

### Abstract

**Background:** Few studies have characterized the surgical outcomes following epicardial pacemaker implantation in neonates with congenital complete atrioventricular block (CCAVB).

**Objective:** This study sought to assess the long-term outcomes of a minimally invasive epicardial approach using a subxiphoid access for pacemaker implantation in neonates.

**Methods:** Between July 2002 and February 2015, 16 consecutive neonates underwent epicardial pacemaker implantation due to CCAVB. Among these, 12 (75.0%) had congenital heart defects associated with CCAVB. The patients had a mean age of  $4.7 \pm 5.3$  days and nine (56.3%) were female. Bipolar steroid-eluting epicardial leads were implanted in all patients through a minimally invasive subxiphoid approach and fixed on the diaphragmatic ventricular surface. The pulse generator was placed in an epigastric submuscular position.

**Results:** All procedures were successful, with no perioperative complications or early deaths. Mean operating time was  $90.2 \pm 16.8$  minutes. None of the patients displayed pacing or sensing dysfunction, and all parameters remained stable throughout the follow-up period of  $4.1 \pm 3.9$  years. Three children underwent pulse generator replacement due to normal battery depletion at 4.0, 7.2, and 9.0 years of age without the need of ventricular lead replacement. There were two deaths at 12 and 325 days after pacemaker implantation due to bleeding from thrombolytic use and progressive refractory heart failure, respectively.

**Conclusion:** Epicardial pacemaker implantation through a subxiphoid approach in neonates with CCAVB is technically feasible and associated with excellent surgical outcomes and pacing lead longevity. (Arq Bras Cardiol. 2017; 109(4):331-339)

**Keywords:** Heart Defects, Congenital; Infants, Newborns; Pacemaker, Artificial; Atrioventricular Block.

### Introduction

Permanent pacemaker implantation in neonates with congenital complete atrioventricular block (CCAVB) is technically challenging due to the small size of the patients, presence of concomitant structural heart defects, and rapid child growth. This results in a high complication rate, including lead fracture and pacing/sensing dysfunction.<sup>1-7</sup> Fortunately, the number of children requiring pacemaker implantation in the first month of life is extremely low.<sup>1,8</sup> This is one reason why the surgical outcomes in this subset of patients remain poorly elucidated.

Several age-specific factors may contribute to the occurrence of pacemaker-related complications in pediatric patients. First, pulse generators and leads are primarily designed for adults. Second, small vessel size and associated intracardiac defects make transvenous implantation difficult or

impossible. Third, there is a significant disproportion between the size of the permanent device and the child's body size. Furthermore, the effects of growth on the leads and on the lead-myocardial junction result in a high incidence of exit block and lead fractures.<sup>1-18</sup>

Deciding on the best surgical approach for pacemaker implantation in neonates requires a thorough assessment and a highly experienced cardiac surgery team, as evidence-based guidelines are still unavailable.<sup>14,19-20</sup> The purpose of this study was to assess the long-term outcomes of a minimally invasive epicardial approach using a subxiphoid access for pacemaker implantation in this patient population.

### Methods

#### Patients

Between July 2002 and February 2015, a total of 16 consecutive neonates underwent epicardial pacemaker implantation in a cardiovascular referral center (Sao Paulo, Brazil). The Institutional Review Board of the institution approved this study. Device implantation was achieved through a minimally invasive subxiphoid incision.

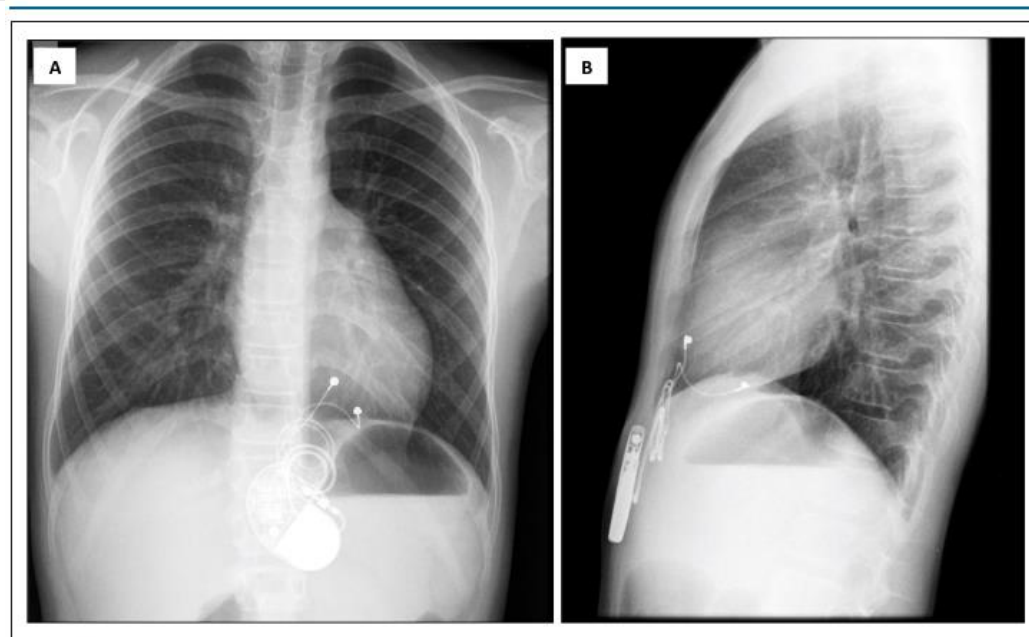
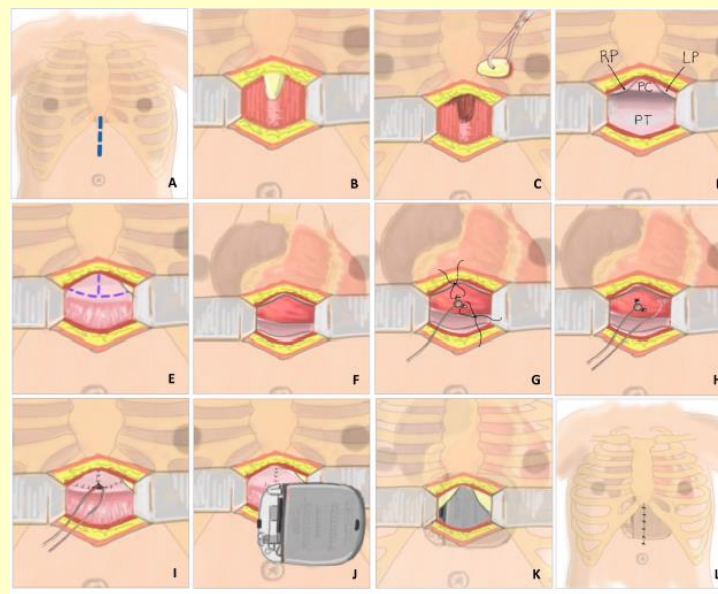


Figure 3 – Chest radiographic projections displaying the appearance of epicardial pacemaker 10 years later, in anteroposterior (A) and lateral projections (B).

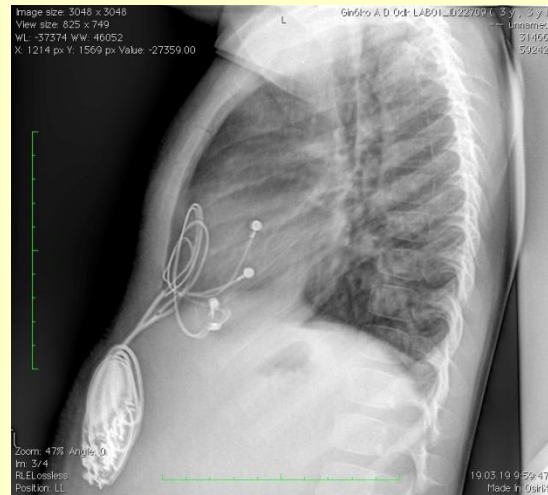
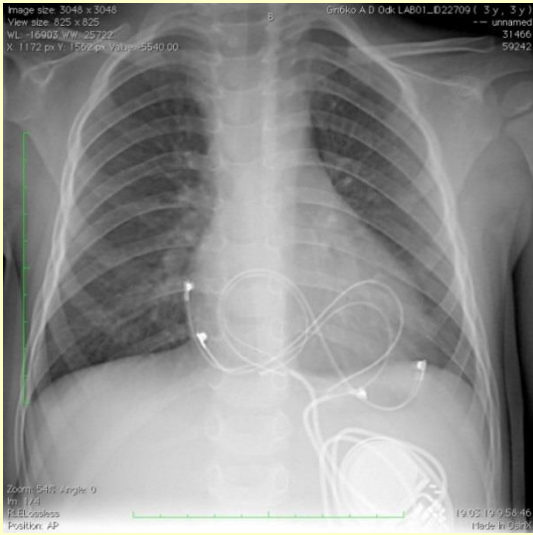


Mailing Address: Roberto Costa -  
Av. Dr. Eneas de Carvalho Aguiar, 44, CEP: 05405-900, Cerqueira Cesar,  
São Paulo, SP – Brazil  
E-mail: rcosta@incor.usp.br  
Manuscript received December 04, 2016, Manuscript revised April 12,  
2017, accepted April 12, 2017

DOI: 10.5935/abc.20170126



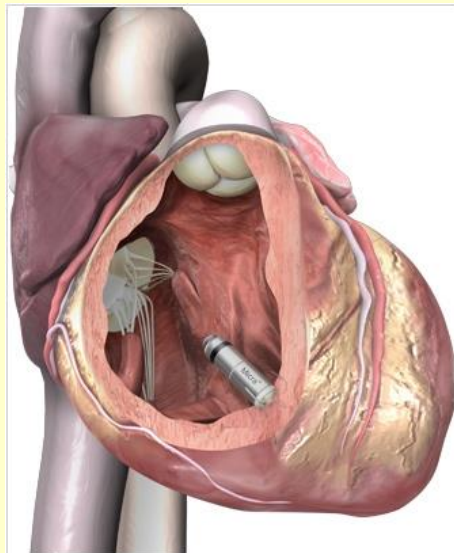
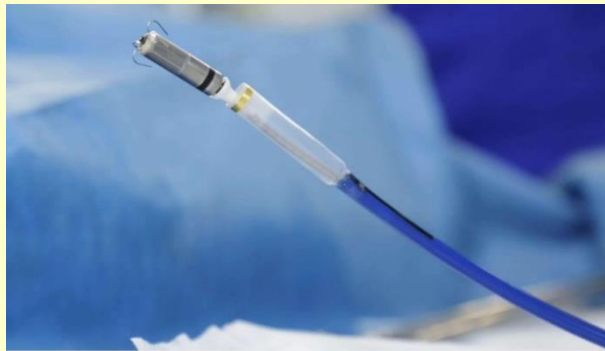
# Минимизация доступа для эпикардиальной имплантации двухкамерной системы электрокардиостимуляции детям раннего возраста без проведения стерно - или торакотомии путем субксифоидального доступа.



Имплантация двухкамерной эпикардиальной системы ЭКС путем субксифоидального доступа у пациента 3 лет с врожденной полной АВ блокадой.

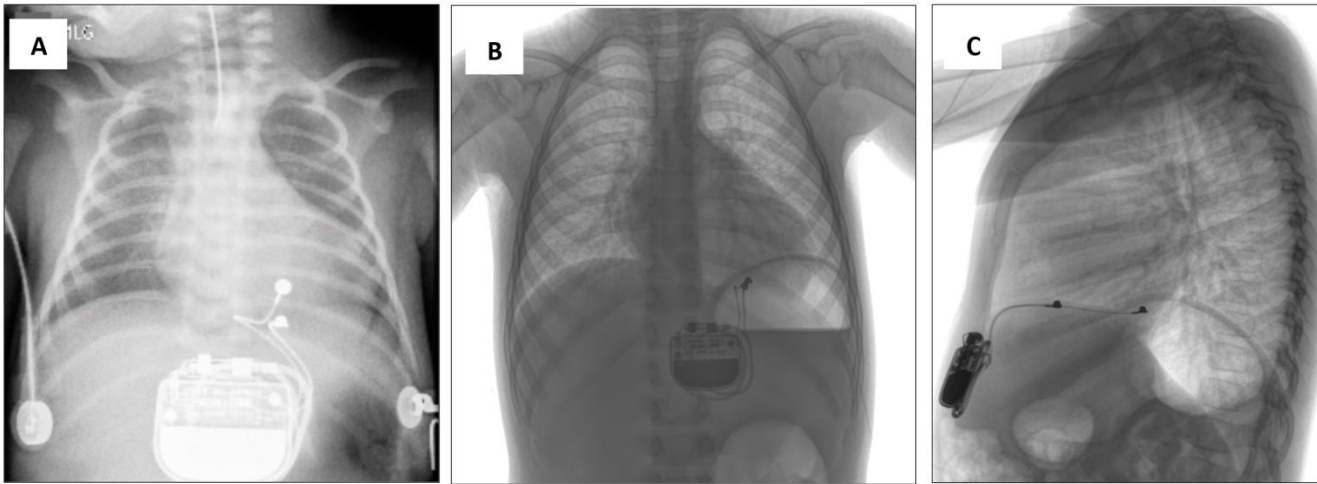


A traditional pacemaker compared to the new Micra<sup>®</sup> Transcatheter Pacing System, nicknamed the "world's smallest pacemaker" by manufacturer Medtronic



- Имплантация безэлектродного кардиостимулятора осуществляется через бедренную вену с помощью специальной системы доставки и закрепляется на стенке ПЖ гибкими зубцами
- Отсутствие необходимости создания ложе для кардиостимулятора позволяет избежать риск инфекционных осложнений со стороны операционной раны.
- Избежать повреждение клапанов тромбоза, связанные с установкой электродов в полостях сердца.
- Работа ЭКС рассчитана на 10-12 лет автономной работы
- В связи с большими размерами доставляющего устройства – 24 Fr, этот вид стимуляции не может быть доступен у детей.

# Однокамерная стимуляция



В связи с бурным техническим совершенствованием двухкамерных ЭКС необоснованно отодвинута на крайний план однокамерная стимуляция, тогда как по мнению многих экспертов данный вид стимуляция может широко применяться в педиатрии в том числе и у пациентов с нарушением функции АВ проведения.

Первоначально при выборе способа первичной имплантации ЭКС необходимо использовать все возможности однокамерной стимуляции, в частности более долгий срок службы батареи по сравнению с двухкамерной стимуляцией, а в некоторых случаях положительное влияние на гемодинамику в условиях минимального предсердного вклада в сердечный выброс у детей раннего возраста.

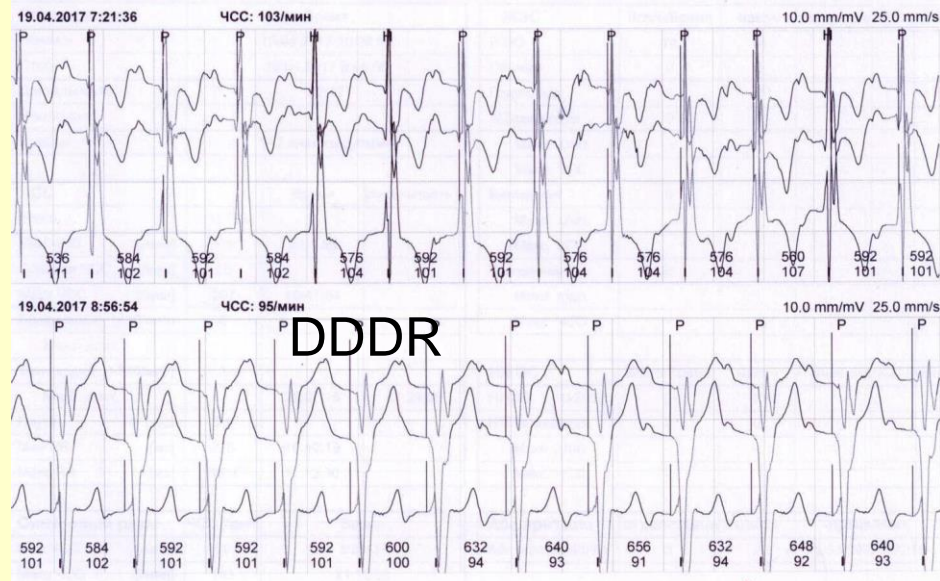
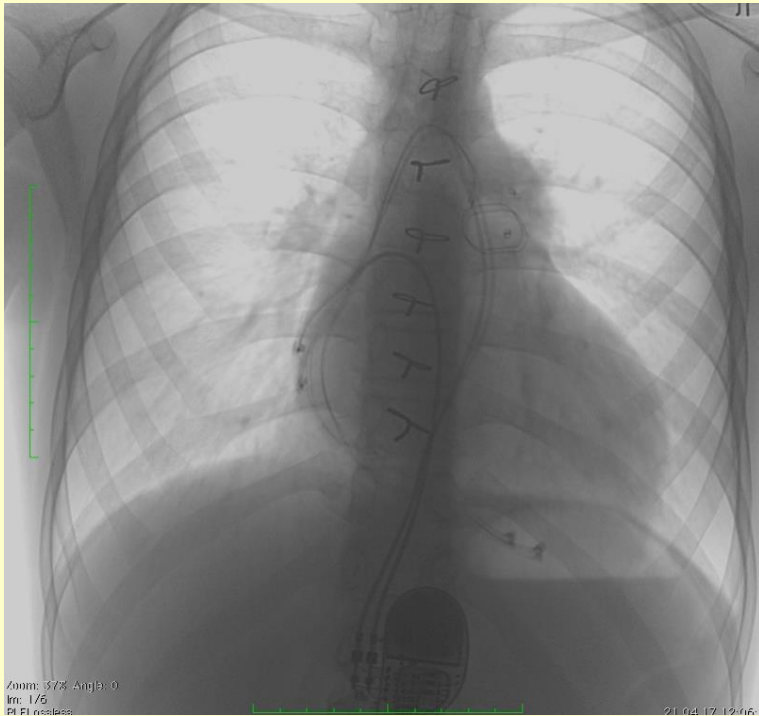
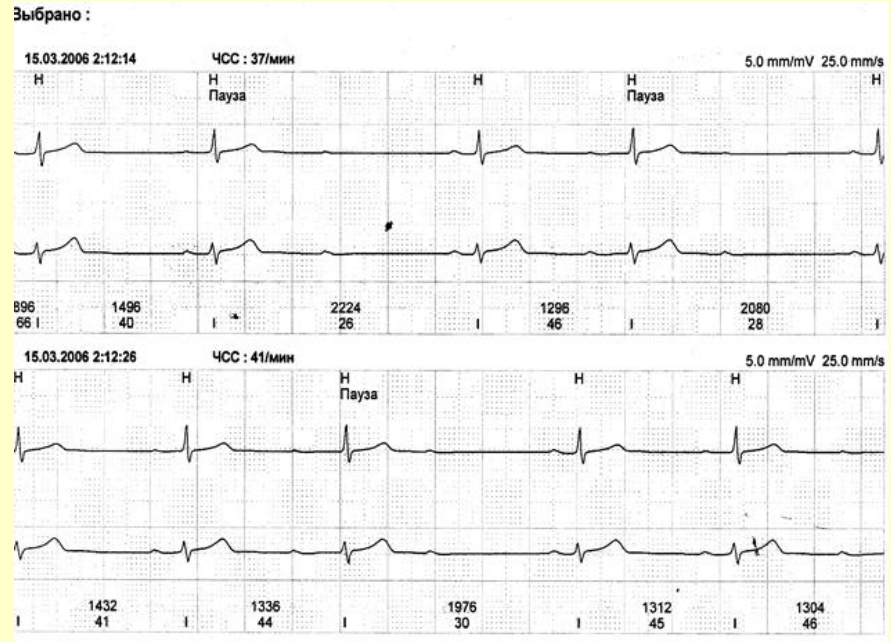
Эпикардальный способ однокамерной стимуляции позволяет избежать осложнения эндокардиальной системы ЭКС, в том числе венозной обструкции. уменьшение объема кардиохирургического доступа (возможен субксифоидальный доступ без стернотомии), сохранение венозного доступа для более старшего возраста. Однокамерная желудочковая стимуляция (VVI) может быть использована в случаях преходящей АВБ, когда не требуется постоянная ЭКС.

# Клинический пример, пациент К

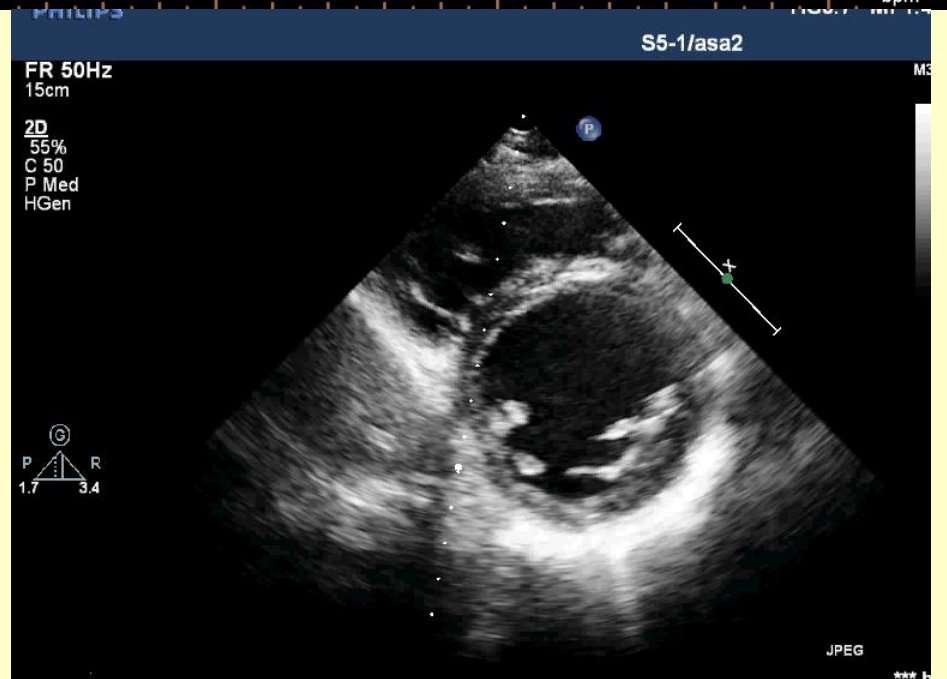
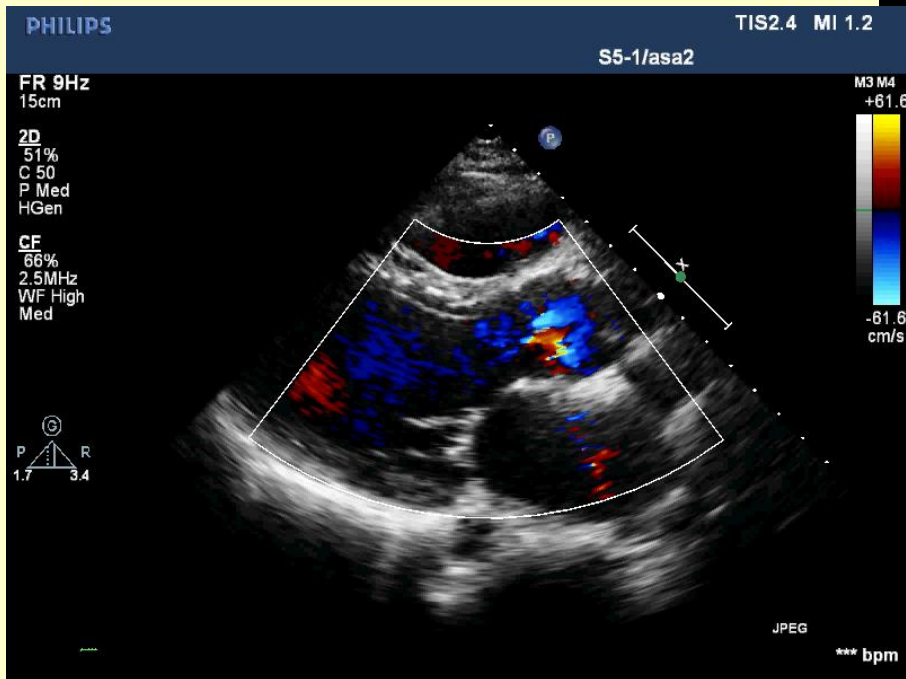
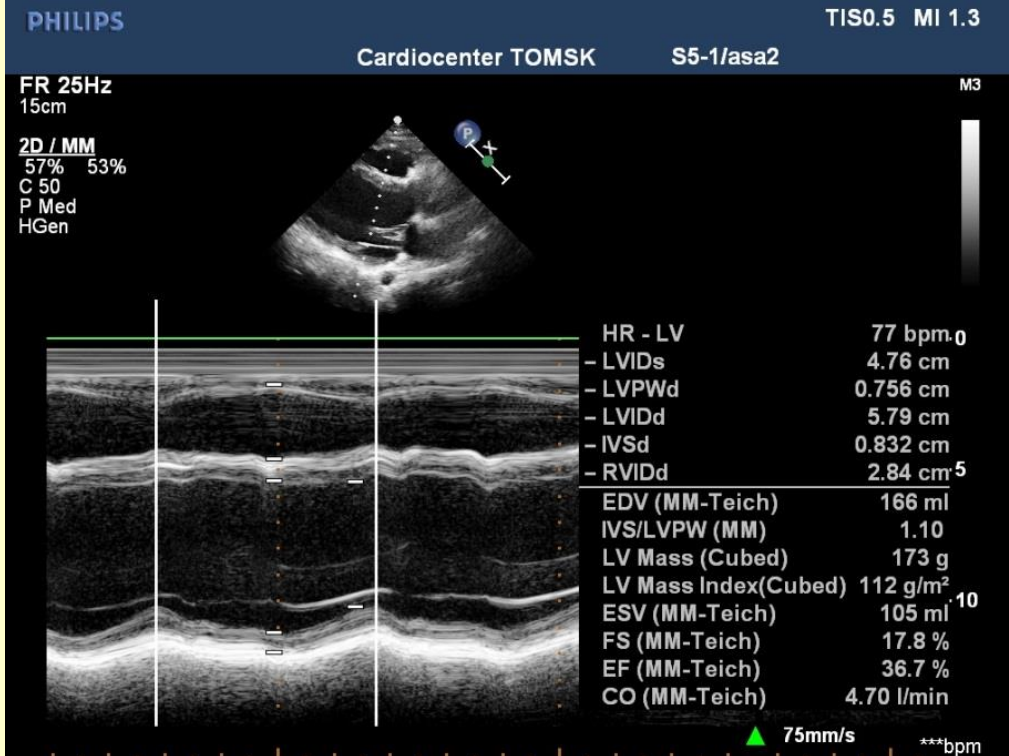
- В 10 месяцев (2005 г.) ребенку была проведена радикальная коррекция ВПС: Тетрада Фалло. В раннем послеоперационном периоде регистрировалась АВ блокада 1 степени

- В 2015 году (через 10 лет после операции) в связи с прогрессированием АВ блокады до 2-3 ст проведена операция имплантация ЭКС Medtronic Advica DR и биполярных эпикардиальных предсердного и желудочкового электродов.

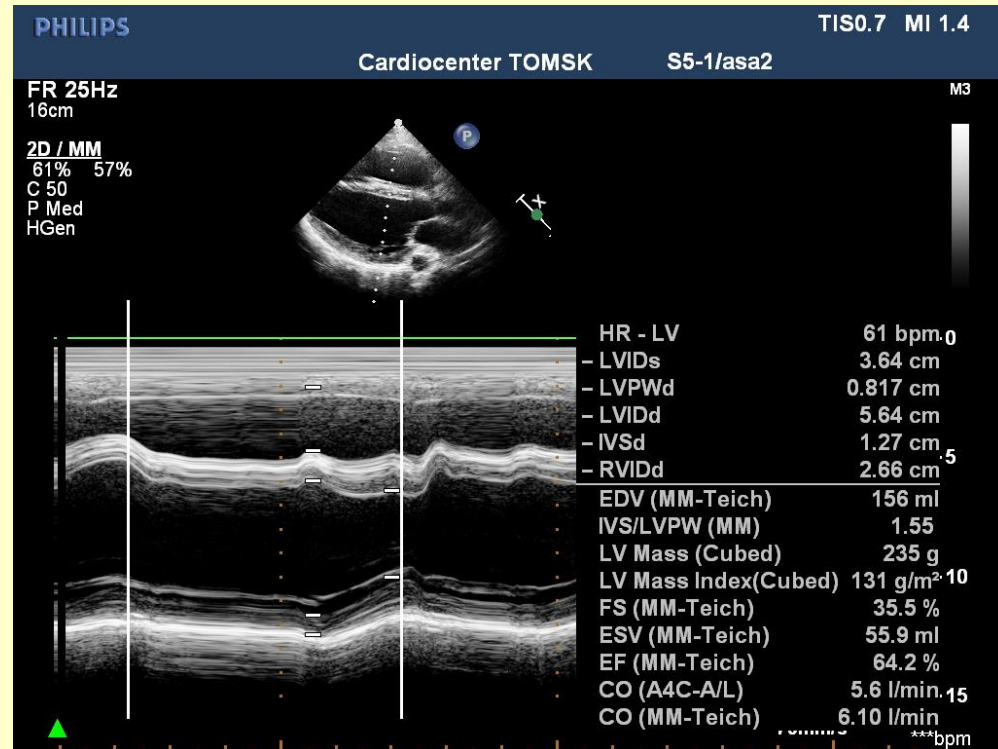
- Имплантация эпикардиальных электродов выполнена на ПП, верхушку ПЖ. (не удалось выявить эффективную точку стимуляции ЛЖ )

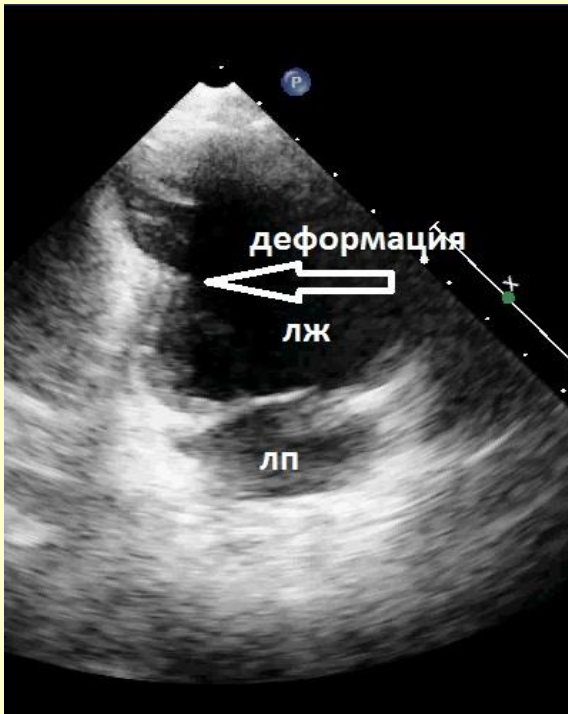


- Через год (ноябрь 2016 г.) по данным ЭхоКГ на фоне DDD стимуляции: ФВ 36-39 % - сократимость ЛЖ снижена, асинхронность сокращения ЛЖ, увеличение ЛЖ, оба предсердия.
- Пациенту планировалась CRT



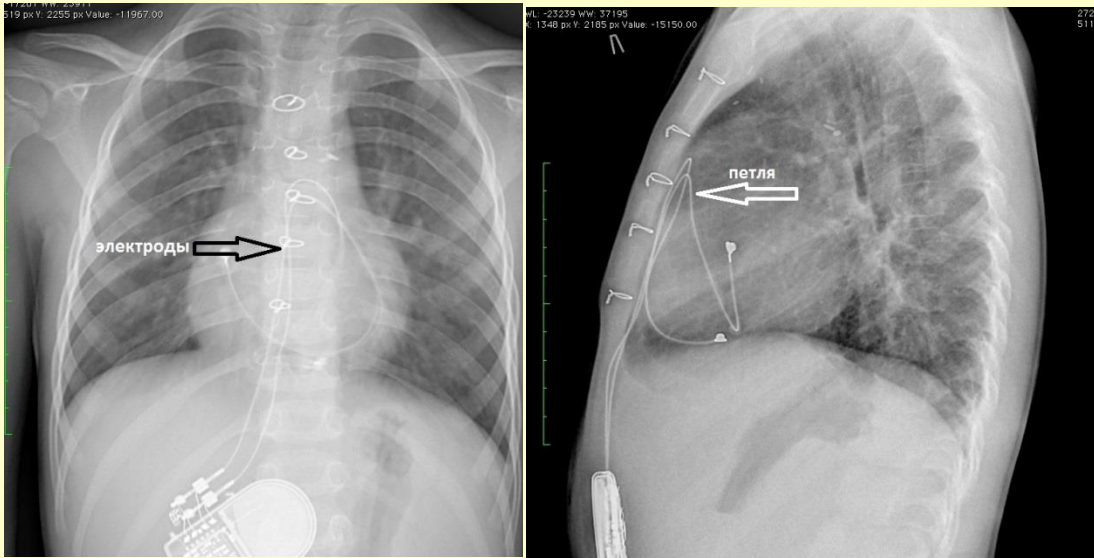
- Ребенок был переведен на VVI стимуляцию.
- В течение 6 месяцев динамического наблюдения на фоне стимуляции в режиме VVI, у пациента наблюдалась положительная динамика: по данным СМ ЭКГ – ритм ЭКС не более 20%, собственный ритм с эпизодами АВ блокады 1 степени (менее 5%); по данным Эхо-КГ - улучшение сократительной функции ЛЖ, отсутствие диссинхронии ЛЖ.
- Данный клинический пример демонстрирует отрицательный эффект длительной постоянной ПЖ стимуляции, тогда как небольшой процент VVI стимуляции не оказывает такого отрицательного влияния на функцию ЛЖ.



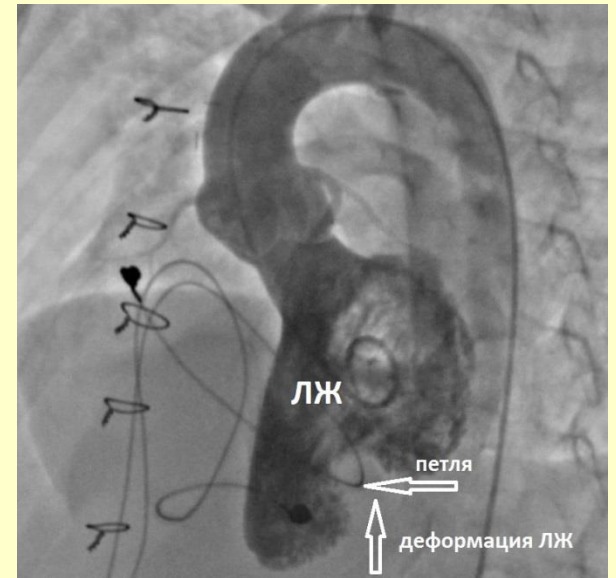


Среди механических осложнений эпикардальной стимуляции наиболее редким, но очень серьезным, является **сердечная странгуляция**, при несвоевременной диагностике может быть причиной летального исхода. Кардиальная странгуляция после имплантации ЭКС и эпикардальных электродов у ребенка 4-х лет с корригированным ВПС и послеоперационной АВ блокадой III ст.

Деформация ЛЖ петлей эпикардального электрода

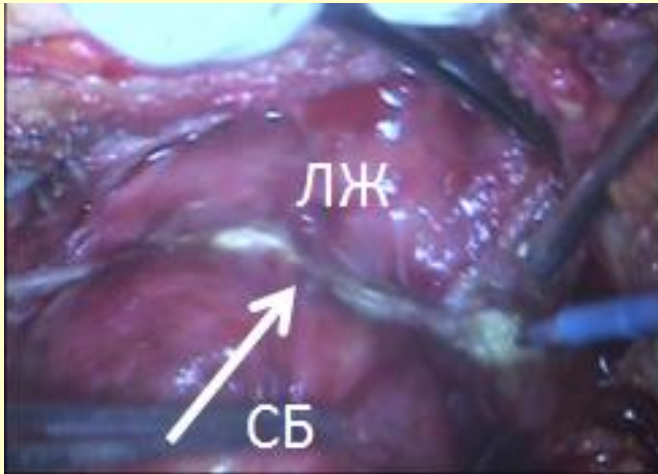


Рентгенография органов грудной клетки в прямой и боковой проекции



Деформация контура ЛЖ в проекции верхушки

## Странгуляция ЛЖ предсердным электродом



Странгуляционная борозда  
на поверхности ЛЖ



Реимплантация эпикардальных  
электродов

Особое внимание должно быть уделено детям, которым эпикардальная ЭКС была выполнена в возрасте до 6 месяцев, в связи с тем, что у них происходит более интенсивный физический рост и более высока вероятность формирования СС вследствие наличия избыточной длины электродов в средостении.

СС может быть заподозрена при проведении ЭхоКГ, рентгенографии органов грудной клетки в 2-х проекциях – передней и левой боковой причем именно рентгенограмма в боковой проекции считается основополагающей.

Данный метод исследования у асимптомного пациента должен выполняться последовательно каждые 3 года после эпикардальной имплантации до тех пор, пока в перикарде находится избыточный электрод



# Осложнения эпикардальной стимуляции

Встречаемость СС гораздо выше, чем она представлена в литературе, и возможная причина отсутствия публикаций возникает из-за того, что СС может быть недооценена, как причина внезапной смерти у пациентов с эпикардальной стимуляцией.

Congenital Heart Disease

Carreras et al

## Cardiac strangulation following epicardial pacemaker implantation: A rare pediatric complication

Erick M. Carreras,<sup>1,2</sup> Walter J. Duncan, MD, FRCP(C), FACC,<sup>3,4</sup> Ognjenka Djurdjev, BAH, MSc,<sup>5</sup> and Andrew I. M. Campbell, BSc, MD, FRCS(C)<sup>1,2</sup>

**Objectives:** The aim of our study was 2-fold: to determine the incidence of cardiac strangulation (CS) and to develop a clinical pathway to aid in the diagnosis and prognosis of CS. In <2 years, 2 cases of CS occurred in our institution, which caused much alarm and led to the study's objectives.

**Methods:** All patients who underwent implantation of an epicardial pacemaker from January 1992 to March 2012 were included. There were no exclusion criteria. Health records were used to locate all subjects and gather all retrospective data. Prospectively, subjects without a chest radiograph from the previous 2 years were approached for imaging.

**Results:** This study included 86 patients retrospectively, and 84 patients prospectively. There was a 2.3% incidence, and a 1.2% mortality, related to CS. A pattern of posterior looping of the ventricular lead was seen in radiographs of both CS-diagnosed patients. Five variables were significantly associated with an outcome of CS ( $P = .0153$ ).

**Conclusions:** Our data indicate that the 2 cases of CS were not caused by a lack of follow-up but by a lack of consistent imaging for diagnosis. This conclusion is supported by the 8 cases of CS found in the English-language literature. If the patient is age <6 months at the time of implantation, particular attention should be given to the placement of leads and follow-up. (J Thorac Cardiovasc Surg 2015;149:522-7)

See related commentary on pages 528-9.

Cardiac strangulation (CS) is a mechanical complication that can occur with epicardial pacemaker (EP) systems in any individual undergoing somatic growth, by causing the entrapment of the patient's heart or great vessels. CS occurs when the epicardial leads of a pacemaker adhere to the heart in a circumferential manner and over time constrict the encompassed structures. As the patient grows, the lead tightens around the heart, and depending on the location of maximal compression, this may lead to coronary

stenosis, valvular insufficiency, or ventricular dysfunction, with the potential of cardiac arrest and death.<sup>1,2</sup> As somatic growth is necessary for CS to occur, this mechanical complication is limited to the pediatric population.

Globally, CS is considered a rare pediatric complication, with only 8 published cases.<sup>1,3</sup> However, there are 2 known cases at our institution, suggesting a much higher local incidence than the number of cases currently reported in the literature. Thus, the primary objective of the current study was to investigate the true incidence of CS, with the hypothesis that, based on the local incidence of CS, this complication has simply been underestimated as a global

При эпикардальной имплантации маленькому ребенку, особенно детям в возрасте до 6 месяцев, необходимо создать определенный запас длины электродов, учитывая интенсивное физическое развитие с возрастом.

Gen Thorac Cardiovasc Surg (2015) 63:22-29  
DOI 10.1007/s11748-014-0483-x

REVIEW ARTICLE

## Cardiac strangulation from epicardial pacemaker leads: diagnosis, treatment, and prevention

Daiji Takeuchi · Yasuko Tomizawa

Received: 15 May 2014 / Accepted: 28 September 2014 / Published online: 11 October 2014  
© The Japanese Association for Thoracic Surgery 2014

**Abstract** Cardiac strangulation from epicardial leads is a rare but potentially lethal complication associated with epicardial pacemaker implantation in growing children. Early diagnosis and quick lead removal are required to rescue patients suffering from cardiac strangulation. In April 2013, the Japanese Association for Thoracic Surgery, Japan Society of Arrhythmia and Japan Cardiovascular Surgery Society published information about cardiac strangulation from epicardial leads in children on the home page of each organization's website to increase awareness of this condition. Here, we review ten previously reported cases and discuss cardiac strangulation from the point of view of the pediatric cardiologist.

**Keywords** Pacemaker · Child · Epicardial pacing lead · Cardiac strangulation

**Introduction**

body size, intracardiac shunting, or poor venous access [1–4]. Cardiac strangulation from epicardial leads is a rare complication associated with pacemaker implantation in growing children.

Loops of lead are often created in the pericardium to allow for cardiac growth, but pacing leads can dislodge, adhere to surface of the heart, or be outgrown by the heart and body as a child grows. This growth mismatch between leads and heart can cause ischemia and heart failure, a potentially lethal condition known as cardiac strangulation, from the progressive extrinsic compression of the coronary arteries or ventricles, even if there is no strangulation at the time of pacemaker implantation [5–13].

In October 2012, Health Canada was made aware of rare cases of cardiac strangulation in pediatric patients implanted with epicardial pacemaker leads in Canada and advised healthcare professionals and the public of the existence and risks of the condition [14] to prevent future increases. Based on this situation, in April 2013, Japanese Association for Thoracic Surgery [15], Japan Society of

Не размещать петли электрода на передней поверхности перикарда из-за риска сдавления передней левой нисходящей коронарной артерии.

Электроды должны быть размещены на передней поверхности перикарда, а не вдоль диафрагмы, где излишки могут сползти к задней части верхушки и, потенциально, создать субстрат для возникновения странгуляции.

Особое внимание должно быть уделено детям, которым эпикардальная ЭКС была выполнена в возрасте до 6 месяцев, в связи с тем, что у них происходит более интенсивный физический рост и более высока вероятность формирования СС из-за наличия избыточной длины электродов в средостении

# Заключение

- На сегодняшний день показания к постоянной стимуляции у детей носят исключительно рекомендательный характер, остается неясным, что является предпочтительным: эндокардиальная стимуляция или эпикардиальная система, это еще предстоит выяснить.
- Необходимо учитывать, что гораздо меньший объем педиатрических пациентов с имплантированными ЭКС не обеспечивает достаточный объем информации для принятия клинических решений, которые основаны лишь на некоторых ретроспективных данных.
- Первичная эпикардиальная имплантация электродов в детской популяции позволит максимально оттянуть установку эндокардиальной системы стимуляции. Возможность выбора гемодинамически оптимального места (верхушки ЛЖ) стимуляции предотвратит ремоделирование сердца. При этом вес пациента не должен быть единственным критерием выбора между эпи- и трансвенозной стимуляцией.
- Необходимо учитывать, что желудочковая стимуляция меняет физиологическую модель электрической активации, ее следует избегать (или минимизировать) у пациентов с (частично) сохраненным АВ-проведением, как например, синдром слабости синусового узла.
- Обосновано осуществлять контроль детей с ЭКС и, особенно, у детей со стимуляцией правого желудочка, контролировать наличие возможного восстановления АВ-проведения у пациентов с хирургически индуцированным АВ-блоком. При выявлении эхокардиографических признаков желудочковой дилатации или дисфункции необходимо рассматривать возможность смены места стимуляции.
- Сохранение качества жизни у взрослых пациентов с имплантированными ЭКС зависит от выбора тактики ведения пациентов с брадикардиями в детском возрасте.