

ПЕРВЫЙ ОПЫТ ГИСИАЛЬНОЙ КАРДИОСТИМУЛЯЦИИ У ПЕДИАТРИЧЕСКИХ ПАЦИЕНТОВ
О.Ю.Джаффарова, Л.И.Свинцова, С.Н.Криволапов, Ю.Е.Перевозникова, А.В.Сморгон, Е.О.Картофелева
*НИИ кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр РАН,
Томск, пер. Кооперативный, д. 5.*

Цель. Оценить эффективность и безопасность гисияльной стимуляции у педиатрических пациентов.

Материал и методы исследования. Шести пациентам была выполнена эндокардиальная имплантация кардиостимулятора с имплантацией желудочкового электрода в гисияльную позицию. Проводилось стандартное диагностическое обследование, включающее рутинные общеклинические и лабораторные обследования, ЭКГ с оценкой ширины QRS, холтеровское мониторирование ЭКГ (ХМ ЭКГ), эхокардиографию (ЭхоЭКГ) с оценкой размеров, объемов камер сердца и сократительной функции левого желудочка (ЛЖ) и Speckle-tracking ЭхоЭКГ с оценкой глобальной продольной деформации ЛЖ (GLS ЛЖ). В ходе динамического контроля проведены ЭКГ, ХМ ЭКГ, ЭхоЭКГ и Speckle-tracking ЭхоЭКГ.

Результаты. Селективная стимуляция пучка Гиса (изолированный захват системы Гиса-Пуркинье) была достигнута только у одного пациента, у остальных 5 пациентов выполнена неселективная гисияльная стимуляция. На фоне гисияльной селективной и неселективной стимуляции отмечена значимая нормализация показателя электромеханической диссинхронии ЛЖ (GLS) с -17 [-15;-19] до -21,4 [-21;-22] ($p=0,013$). Наиболее значимая нормализация продольной деформации ЛЖ регистрировалась у пациента с предшествующей ранее эпикардиальной стимуляцией правого желудочка.

Выводы. Физиологическая гисияльная стимуляция способствует синхронизации желудочков, обеспечивая наиболее физиологическую стимуляцию миокарда, как при первичной имплантации электрокардиостимулятора, так и у пациента с предшествующей длительной стимуляцией правого желудочка, сопровождающиеся желудочковой диссинхронией.

Ключевые слова: электрокардиостимуляция; гисияльная стимуляция; желудочковая диссинхрония; полная атриовентрикулярная блокада; дети

Конфликт интересов: отсутствует.

Финансирование: отсутствует.

Рукопись получена: 07.02.2024 **Исправленная версия получена:** 29.04.2024 **Принята к публикации:** 16.05.2024

Ответственный за переписку: Свинцова Лилия Ивановна, E-mail: lis@cardio-tomsk.ru

О.Ю.Джаффарова - ORCID ID 0000-0002-3947-4903, Л.И.Свинцова - ORCID ID 0000-0002-2056-4060, С.Н.Криволапов - ORCID ID 0000-0001-8121-8287, Ю.Е.Перевозникова - ORCID ID 0000-0002-5352-1323, А.В.Сморгон - ORCID ID 0000-0002-6531-7223, Е.О.Картофелева - ORCID ID 0000-0003-2469-8098

Для цитирования: Джаффарова ОЮ, Свинцова ЛИ, Криволапов СН, Перевозникова ЮЕ, Сморгон АВ, Картофелева ЕО. Первый опыт Гисияльной кардиостимуляции у педиатрических пациентов. *Вестник аритмологии*. 2024;31(3): 25-32. <https://doi.org/10.35336/VA-1334>.

FIRST EXPERIENCE OF HIS BUNDLE PACING IN PEDIATRIC PATIENTS
O.Yu.Dzhaffarova, L.I.Svintsova, S.N.Krivolapov, Yu.E.Perevoznikova, A.V.Smogon, E.O.Kartofeleva
*Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences,
Russia, Tomsk, 5 Kooperativny lane.*

Aim. To present our clinic's experience of His bundle pacing in pediatric patients.

Methods. Six patients underwent endocardial pacemaker implantation with a ventricular lead in the Hisian position. A standard diagnostic examination was carried out, including routine general clinical and laboratory examinations, an ECG with an assessment of QRS width, Holter monitoring, echocardiography (Echo) with an assessment of the sizes, volumes of the heart chambers, left ventricle (LV) contractile function and Speckle-tracking Echo with an assessment of LV global longitudinal strain (LV GLS). To assess dynamic control ECG, Holter monitoring, Echo and Speckle-tracking Echo were performed.

Results. Selective His bundle pacing (isolated capture of the His-Purkinje system) was achieved in only one patient; non-selective His bundle pacing was performed in the remaining 5 patients. With His bundle selective and non-selective pacing, a significant normalization of the LV electromechanical dyssynchrony index (GLS) was noted from -17 [-15; -19] to -21.4 [-21;-22] ($p = 0.013$). The most significant normalization of LV longitudinal strain was recorded in a patient with previous epicardial stimulation of the right ventricle (RV).

Conclusion. Physiological His bundle pacing favours ventricular synchronization, providing the most physiological myocardium pacing, both during primary pacemaker implantation and in patients with previous long-term RV pacing, accompanied by ventricular dyssynchrony.

Key words: cardiac pacing; His bundle pacing; ventricular dyssynchrony; complete atrioventricular block; children

Conflict of Interest: none.

Funding: none.

Received: 07.02.2024 **Revision received:** 29.04.2024 **Accepted:** 16.05.2024

Corresponding author: Svintsova Liliya, E-mail: lis@cardio-tomsk.ru

O.Yu.Dzhaffarova - ORCID ID 0000-0002-3947-4903, L.I.Svintsova - ORCID ID 0000-0002-2056-4060, S.N.Krivolapov - ORCID ID 0000-0001-8121-8287, Yu.E.Perevoznikova - ORCID ID 0000-0002-5352-1323, A.V.Smorgon - ORCID ID 0000-0002-6531-7223, E.O.Kartofeleva - ORCID ID 0000-0003-2469-8098

For citation: Dzhaffarova OYu, Svintsova LI, Krivolapov SN, Perevoznikova YuE, Smorgon AV, Kartofeleva EO. First experience of His bundle pacing in pediatric patients. *Journal of arrhythmology*. 2024;2024;31(3): 25-32. <https://doi.org/10.35336/VA-1334>.

Единственным способом лечения симптомной брадикардии у детей с полной атриовентрикулярной блокадой (АВБ) является имплантация кардиостимулятора [1]. Выбор оптимальной системы электрокардиостимуляции (ЭКС) для ребенка требует четкого понимания основных характеристик современных аппаратов и показаний к постоянной стимуляции, преимуществ и недостатков эпикардиальных и эндокардиальных электродов, интенсивного физического развития ребенка и возможных осложнений [2, 3]. Электроды для стимуляции могут быть размещены трансвеннозно или эпикардиально. Учитывая высокий риск венозной окклюзии, у детей с массой тела менее 25 кг электроды для кардиостимуляции наиболее безопасно располагать эпикардиально на верхушку левого желудочка (ЛЖ) [4, 5]. У детей весом более 25 кг применяется эндокардиальная стимуляция, при которой общепринятым местом локализации электрода является верхушка правого желудочка (ПЖ) [4]. Однако, начало распространения стимулированного электрического импульса из апикальной области способствует парадоксальному движению перегородки, вызывая электрическое и механическое асинхронное сокращение желудочков, приводя к развитию пейсмейкериндуцированной диссинхронической кардиомиопатии (ПДКМП) [6-8]. Исследования показали, что исключить развитие межжелудочковой и внутрижелудочковой диссинхронии при эндокардиальном доступе возможно при стимуляции непосредственно системы Гиса-Пуркинье, вызывая физиологическую деполяризацию желудочков и обеспечивая синхронную кинетику [9].

Стимуляция пучка Гиса осуществляется либо путем прямой стимуляции пучка Гиса (селективная или избирательная стимуляция пучка Гиса), либо путем стимуляции пучка Гиса и окружающей желудочковой ткани, что определяется как неселективная стимуляция [10]. Существуют опубликованные критерии для различия двух типов гисальной стимуляции: избирательная (или селективная) стимуляция пучка Гиса приводит к захвату пучка Гиса при низких порогах и не стимулирует миокард желудочков, поскольку пучок Гиса находится в прямом контакте только с мембра-

нозной частью межжелудочковой перегородки (МЖП), но не с миокардом. Между тем, неселективная стимуляция пучка Гиса может потребовать более высокой мощности и, соответственно, более высокого порога стимуляции и включает захват желудочков из-за размещения электрода ближе к миокарду. Оба метода стимуляции пучка Гиса приводят к более узкому комплексу QRS по сравнению с традиционной стимуляцией миокарда желудочков [9, 11-13].

Учитывая, что в педиатрической популяции обычно требуется высокий процент стимуляции желудочков [5], а также известные осложнения хронической ПЖ стимуляции [6, 7], физиологическая гисальная стимуляция стала вызывать интерес в этой возрастной группе. В данной статье мы представляем опыт гисальной стимуляции у детей нашей клиники.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Характеристика пациентов

В период с июня 2020 г. по октябрь 2022 г. шести пациентам была выполнена эндокардиальная кардиостимуляция с имплантацией желудочкового электрода в гисальную позицию. Все операции были выполнены одним хирургом, имеющим 20 летний опыт имплантации кардиостимуляторов у взрослых и детей. Клинические данные пациентов представлены в табл. 1. Средний возраст детей составил 12,5 лет [11,25; 14,5]; средний вес 49 кг [41,8;64,5]; все пациенты были девочки. У двух пациентов была проведена смена эпикардиальной стимуляции на эндокардиальную, в одном случае смена системы была связана с истощением батареи ЭКС, в другом по причине дисфункции эпикардиальных электродов. В остальных четырех случаях была выполнена первичная эндокардиальная стимуляция. У трех пациентов причиной имплантации ЭКС была врожденная полная АВБ, у одного из них в сочетании с врожденным пороком сердца (ВПС) - дефектом межпредсердной перегородки. У двух пациентов полная АВБ явилась осложнением кардиохирургической коррекции ВПС - тетрады Фалло в одном случае и дефекта МЖП в другом. Еще один пациент после пере-

несенной инфекции в анамнезе, страдал частыми предсинкопальными состояниями, сопровождающимися длительными паузами ритма до 6,5 сек. зарегистрированными при проведении суточного мониторирования электрокардиограммы (СМ ЭКГ), причиной, которых оказалась транзиторная АВБ 2-3 степени, с периодической Венхкебаха 6:1.

Показания к кардиостимуляции определялись исходя из действующих рекомендаций с учетом веса ребенка на момент имплантации или реимплантации ЭКС, прогноза функции и целостности первичных эпикардиальных электродов [1].

При поступлении в стационар всем пациентам проводилось стандартное диагностическое обследование, включающее рутинные общеклинические и лабораторные обследования, ЭКГ с оценкой ширины QRS, СМЭКГ, эхокардиографию (ЭхоКГ) с оценкой размеров, объемов камер сердца и сократительной функции ЛЖ и Speckle-tracking ЭхоКГ с оценкой глобальной продольной деформации ЛЖ (GLS ЛЖ). При динамическом контроле проведены ЭКГ, СМЭКГ, ЭхоКГ и Speckle-tracking ЭхоКГ.

В каждом клиническом случае пациентам проводился детальный анализ электрокардиограммы по записи в 12 отведениях на скорости записи 50 мм/с по общепринятому протоколу. СМЭКГ выполнялось с использованием системы суточного мониторирования ЭКГ Schiller 300 по общепринятой методике. Для оценки внутрисердечной гемодинамики выполнялась ЭхоКГ в М- и В- режимах и доплерография. Использовались ультразвуковые системы Affinity 70 (Philips, США). Для измерения основных размеров и объемов камер сердца, показателей внутрисердечной гемодинамики использовали стандартные способы и позиции. Показатели определялись автоматически, согласно протоколу исследования. Конечный диастолический диаметр ЛЖ и толщина МЖП измерялись с помощью парастеральной ЭхоКГ по длинной оси в М-режиме. Фракцию выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ) рассчитывали с использованием бипланового метода Симпсона. Систолическая функция ЛЖ считалась низкой, если ФВ ЛЖ была ниже 55%. Кроме стандартных измерений объемов камер, оценивали отклонение конечного диастолического объема ЛЖ от индивидуально прогнозируемых антропометрических норм, выраженное в процентах. Такой подход связан с возрастной и антропометрической неоднородностью пациентов, а также необходим для динамической оценки показателей ЭхоКГ в связи с увеличением размеров сердца при изменении возраста и антропометрических данных. Данные показатели определялись автоматически, в программном приложении «Child Heart» [14].

Всем пациентам для оценки деформации стенок ЛЖ было выполнено ЭхоКГ с использованием технологии «след пятна» (Speckle-tracking ЭхоКГ) и измерением GLS ЛЖ, согласно рекомендациям Европейского общества кардиологов (ESC), Европейской ассоциации специалистов по методам визуализации сердечно-сосудистой системы (EACVI) и Американского общества эхокардиографии (ASE) [15]. Снижение глобальной деформации ЛЖ в продольном направлении, выявлен-

ное по данным Speckle-tracking ЭхоКГ, обладает более высокой чувствительностью в отношении дисфункции ЛЖ, чем ФВ и позволяет выявить «субклинические» нарушения контрактильности миокарда, которые не могут быть обнаружены по данным стандартного протокола ЭхоКГ [16].

Процедура имплантации

Вмешательство выполнялось под смешанной анестезией, включавшей в себя местную инфильтративную и внутривенную на спонтанном дыхании (использовалась комбинация пропофола и фентанила). Для успешной имплантации системы важно наличие собственного ритма сердца, что позволяет провести картирование и зарегистрировать сигналы проводящей системы, поскольку на фоне желудочковой стимуляции детектировать сигналы проводящей системы затруднительно. Поэтому у пациентов, находящихся на желудочковой стимуляции ЭКС, переводился в режим VVI с частотой 30 имп/мин до появления замещающего ритма. Первым этапом производилась пункция правой бедренной вены по Сельдингеру с установкой интродьюсера 7 Френч, через который проводился электрофизиологический электрод Mariner (Medtronic plc, Дублин, Ирландия) для регистрации проводящей системы и в качестве рентген-ориентира. Вторым этапом производился разрез в левой подключичной области длиной 3-4 см, внешняя треть разреза должна пересекать дельтовидно-грудную борозду. Далее производилось выделение v.cephalica sinistra, путем венесекции в просвет вены проводился желудочковый электрод, при достаточном просвете вены так же в нее проводился предсердный электрод. Если для предсердного электрода диаметра просвета не хватало производилась пункция по Сельдингеру v.subclavia sinistra и его проведение в правые отделы сердца.

Предсердный электрод позиционировался в верхних отделах правого предсердия при помощи преформированного J-образного стилета и фиксировался. Рентгеноанатомической целью для желудочкового электрода был дистальный кончик электрофизиологического катетера, где регистрировался сигнал Гиса наибольшей амплитуды. В связи с недоступностью на момент имплантации специализированных доставочных систем для позиционирования электрода использовался стилетный подход. Для этого руками формировалась кривизна стилета в направлении ПЖ и дополнительный септальный изгиб для перпендикулярного позиционирования электрода относительно МЖП. В монополярной конфигурации регистрировался сигнал с имплантируемого электрода для детекции пучка Гиса и оценки тока повреждения при вкручивании электрода. Формировалась петля желудочкового электрода в полости правого предсердия для компенсации будущего роста. Электроды фиксировались в ране, соединялись с корпусом ЭКС, который помещался в ложе в подкожной клетчатке. Рана ушивалась рассасывающейся нитью и внутрикожным швом. Удаление ранее имплантированного корпуса стимулятора проводилось непосредственно после имплантации эндокардиальной системы. Критериями успешной селективной гисальной стимуляции на ЭКГ являлось наличие изолинии после

нанесенного стимула и полное соответствие морфологии стимулированного комплекса QRS нативному. Критерием успешной неселективной гиссальной стимуляции являлся узкий комплекс QRS повторяющий все направления векторов нативного, активация началась сразу после электростимула и имитировала преэкситацию как при синдроме Вольф-Паркинсон-Уайта.

Статистический анализ

Статистическую обработку полученных данных выполняли с помощью программы STATISTICA 10. Качественные данные представлены в виде абсолютных и относительных величин. Анализ количественных данных на соответствие нормальному закону распределения проводили с использованием критерия Шапиро-Уилка, Колмогорова-Смирнова. При нормальном распределении результаты представляли в виде среднего и стандартной ошибки среднего ($M \pm Sd$). Не соответствующие нормальному закону распределения количественные данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха ($Me [Q25;75]$). Для сравнения количественных данных в двух зависимых

выборках в случае распределения, отличного от нормального, применялся критерий Вилкоксона. При нормальном распределении - парный Т-критерий Стьюдента. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез считался равным 0,05 (p - достигнутый уровень значимости).

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В табл. 1 представлена клиническая характеристика обследованных детей. Всем пациентам успешно выполнена процедура гиссальной стимуляции. Среднее время операции составило 94 мин (от 60 до 135 мин). Среднее время рентгеноскопии составило 9 мин 43 сек (от 5 мин до 18 мин 27 сек). Пяти пациентам была установлена система постоянной кардиостимуляции в режиме DDDR. Одному пациенту с транзиторной АВБ 3 ст, которому не требовалась постоянная желудочковая стимуляция, установлена однокамерная система VVI с базовой ЧСС 50 мин в качестве подстраховки при значимых паузах ритма, с низким процентом желудочковой стимуляции в течение суток. Селек-

Таблица 1.

Клинико-инструментальная характеристика пациентов

	№ пациента					
	1	2	3	4	5	6
Возраст*, лет	11	12	13	17	15	8
Вес*, кг	71	47	40	69	51	27
Основной диагноз	ВрАВБ 3, корр. ВПС	ВтАВБ 3, корр. ВПС	ВрАВБ 3	ВрАВБ 3	ВтАВБ 1-3, корр. ВПС	ПрАВБ 1-3
Первичная стимуляция	ЭПЖ DDD, 10 лет	-	-	ЭПЖ DDD, 7 лет	-	-
Причина смены ЭКС	Переломы электродов	-	-	Разрывы электродов	-	-
Устройство для ЭКС	Adapta ADDR01	Enitra 6 DR	Enitra 6 DR	Estella DR-T PID50	Adapta ADDR01	Sorin SR 1CV1125
Режим работы	DDD	DDD	DDD	DDD	AAI-DDD	VVI
ПСПЭ, В	0,25	0,5	0,6	0,6	0,375	-
ПСЖЭ, В	0,5	0,7	1,1	0,5	0,375	1,25
Ширина комплекса QRS**, мс	100/100	100/80	80/100	100/90	140/140	80/100
КДО ЛЖ**, %	111/114	127/97,6	125/90,1	131/125	145/122	81,3/102
ФВ ЛЖ в В-режиме**, %	65/62	65/66	71/66	63/70	71/61	63/63
GLS ЛЖ**, %	-18/-21	-15/-23	-19/-22	-15/-21,2	-16/-17	-19/-21,6
Толщина МЖП, мм	9	8	7	9,2	7,9	6
ППН, месяцы	6	12	3	н/д	24	3
ФВ ЛЖ***, %	63	67	67	н/д	61	66
Ширина комплекса QRS***, мс	100	80	100	н/д	100	80
GLS ЛЖ***, %	-21	-23	-22	н/д	-17	-22
ПСЖЭ***, В	1,0	1,9	1,0	н/д	0,625	2,5

Примечание: * - на момент имплантации; ВрАВБ, ВтАВБ и ПрАВБ - врожденная, вторичная и приобретенная атриовентрикулярная блокада, соответственно; корр. ВПС - корригированный врожденный порок сердца; ЭПЖ - эпикардиальная электрокардиостимуляция правого желудочка; ЭКС - электрокардиостимулятор; ПСПЭ и ПСПЖ - порог стимуляции для предсердного и желудочкового электрода, соответственно; ** - до/после; КДО ЛЖ - конечный диастолический объем левого желудочка; ФВ ЛЖ - фракция выброса ЛЖ; GLS ЛЖ - глобальная продольная деформация левого желудочка; ППН - период проспективного наблюдения; *** - во время ППН; н/д - нет данных.

тивная стимуляция пучка Гиса (изолированный захват системы Гиса-Пуркинье) была достигнута только у одного пациента, у остальных 5 пациентов неселективная гисальная стимуляция. Интраоперационных осложнений не было за исключением шестого клинического случая: у девочки 8 летнего возраста в момент имплантации электрода произошла неполная блокада правой ножки пучка Гиса, которая имела транзиторный характер. В третьем клиническом случае у ребенка 13 лет в раннем послеоперационном периоде наблюдалась дислокация предсердного электрода. Пациент был повторно взят в операционную с целью коррекции локализации электрода.

Исходно у двух пациентов (3 и 6 клинический случай) со структурно нормальным сердцем, которым выполнялась первичная имплантация ЭКС, продолжительность комплекса QRS была в пределах нормы и составляла 80 мс. У трех пациентов регистрировалось незначительное расширение QRS комплекса до 100 мс, связанное с нарушением внутрижелудочкового проведения, в виде блокады правой ножки пучка Гиса, после кардиохирургической коррекции ВПС и у одного пациента с врожденной АВБ на фоне первичной эпикардиальной ПЖ стимуляции. После имплантации ЭКС в гисальную позицию, у одного пациента (с хирургической коррекцией дефекта МЖП, осложнившееся прогрессирующей АВБ), отмечено сужение продолжительности QRS со 100 мс до 80 мс (2 клинический случай). В шестом случае у пациента в раннем послеоперационном периоде регистрировалась неполная блокада правой ножки пучка Гиса с расширением QRS комплекса до 100 мс, к моменту выписки через 7 дней зафиксирована нормализация желудочкового проведения с восстановлением исходной длительности QRS комплекса. У остальных пациентов продолжительность QRS на фоне стимуляции не изменилась.

У всех пациентов до имплантации или смены системы ЭКС ФВ ЛЖ (В-режим) находилась в пределах нормы и составляла от 63% до 71%. После гисальной стимуляции ФВ ЛЖ оставалась в прежних нормальных значениях. Исходно конечно-диастолический объем

ЛЖ у трех пациентов был выше нормальных значений - у одного пациента на фоне длительной стимуляции ПЖ, и двух пациентов после хирургической коррекции ВПС. У всех троих пациентов на фоне гисальной стимуляции отмечалась нормализация объема ЛЖ. Кроме того, всем пациентам до и после выполнения гисальной стимуляции проводилось расширенное ЭхоКГ исследование, включающее Speckle Tracking ЭхоКГ в режиме 2-D Strain с измерением продольной деформации ЛЖ для оценки диссинхронии ЛЖ. До проведения гисальной стимуляции, у всех пациентов регистрировалось снижение показателей продольной деформации ЛЖ $Me - 17\% [-15; -19]$. Низкие показатели продольной деформации ЛЖ были отмечены в первом, во втором, четвертом и пятом клинических случаях, два пациента с имплантированной ранее системой эпикардиальной стимуляции, и пациенты после хирургической коррекции ДМЖП и тетрады Фалло со вторичной полной АВБ. На фоне гисальной стимуляции у всех пациентов зарегистрирована статистически значимая нормализация продольной деформации ЛЖ с $-17 [-15; -19]$ до $-21,4 [-21; -22]$ ($p=0,013$) (рис. 1).

Измерения параметров стимуляции проводились интраоперационно и через 1-2 дня после операции. Порог стимуляции для предсердного электрода составил от 0,5 до 0,7 В. Для желудочкового электрода 0,6-1,4 В. Период наблюдения составил 6 месяцев [3; 12] (диапазон от 3 до 24 месяца). В послеоперационном периоде проводились СМ ЭКГ, ЭхоКГ, рентгенограмма органов грудной клетки, контроль функции кардиостимулятора. В ходе проспективного наблюдения у трех пациентов зарегистрировано повышение порога стимуляции на желудочковом электроде - два пациента с вторичной послеоперационной АВБ и один пациент с АВБ, диагностированной после перенесенной инфекции, при этом значения порога стимуляции оставались в пределах нормальных значений. Продолжительность комплекса QRS, и показателей гемодинамики в процессе наблюдения не изменились.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Ряд клинических исследований продемонстрировали отрицательные эффекты длительной ПЖ стимуляции, которая может вызывать электрическую и механическую межжелудочковую и внутрижелудочковую диссинхронию, что приводит к ремоделированию ЛЖ и развитию ПДКМП. Известно, что септальная стимуляция обеспечивает более синхронное сокращение и узкий комплекс QRS при сохраненной функции ЛЖ, поэтому выбор места электростимуляции должен быть ориентирован на сужение стимулированного комплекса QRS, улучшение синхронности ЛЖ и сохранение систолической функции ЛЖ. Стимуляция непосредственно проводящей системы Гиса-Пуркинье вызывает физиологическую деполяризацию желудочков, исключая развитие межжелудочковой и внутрижелудочковой диссинхронии, обеспечивая синхронную кинетику [17]. Следовательно, пациенты, которым показана эндокардиальная стимуляция, а также с длительной эпикардиальной стимуляцией ПЖ, которые подвержены

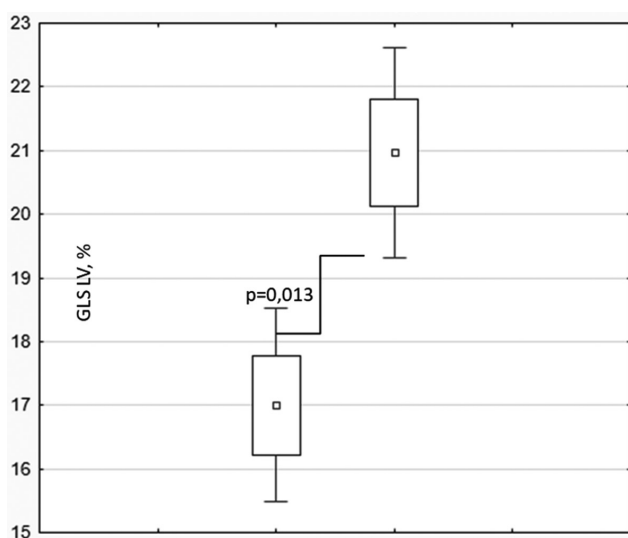


Рис. 1. Продольная деформация ЛЖ (GLS) до и после гисальной стимуляции.

рisku развития ПДКМП, могут рассматриваться в качестве претендентов для гисальной стимуляции.

Постоянная стимуляция пучка Гиса была впервые описана в 2000 г. P.Deshmukh et al. [18]. Авторы описали стимуляцию пучка Гиса у 18 взрослых пациентов с хронической фибрилляцией предсердий и дилатационной кардиомиопатией. Успешная стимуляция пучка Гиса была достигнута у большинства пациентов, а улучшение функции ЛЖ было замечено у девяти из тех, кто сохранил адекватную стимуляцию пучка Гиса [10]. Результаты других исследований взрослых пациентов также продемонстрировали улучшение желудочковой функции, и более высокое качество жизни по сравнению со стимуляцией ПЖ [11]. У педиатрических пациентов физиологическая гисальная стимуляция может представлять техническую проблему, из-за малых размеров сердца и особенностей проводящей системы, особенно у детей с ВПС.

В доступной литературе опыт педиатрической гисальной стимуляции ограничен единичными наблюдениями или сериями клинических случаев [19]. Так E.Jimenez и соавт. представили успешный опыт гисальной стимуляции восьми пациентов в возрасте от 8 до 18 лет (средний возраст составил 11,5 лет) и весом от 21,5 до 81,6 кг (средний вес 40 кг) со структурными заболеваниями сердца и без, которым была выполнена селективная и неселективная стимуляция Гиса без периоперационных осложнений. Было продемонстрировано улучшение сократительной функции ЛЖ у пациента с исходной ПДКМП. Селективная стимуляция пучка Гиса была достигнута у всех пациентов без пороков сердца и у одного пациента с небольшим мышечным дефектом МЖП. Также авторы указали на отсутствие осложнений, связанных с дислокацией электрода или повышением порога стимуляции в течение 5 месяцев наблюдения (диапазон 2-6 месяцев) [20]. Всем нашим пациентам выполнена успешная имплантация эндокардиальной системы ЭКС в гисальную позицию, однако добиться селективной стимуляции удалось только у одной пациентки с врожденной АВБ 3 степени с предшествующей первичной эпикардиальной стимуляцией. У остальных пациентов установить электрод в позицию для избирательной стимуляции пучка Гиса не удалось. В трех случаях это, вероятно, связано с наличием заплаты в области МЖП у пациентов с корригированным ВПС. В остальных двух случаях это были пациенты с небольшим весом, достаточно тонкая часть МЖП у которых не позволила установить электрод без мышечного захвата.

Проблемы гисальной стимуляции, которые беспокоят большинство аритмологов - это интраоперационные сложности позиционирования электрода, долгосрочная стабильность электрода, высокий порог стимуляции и, как следствие, снижение сроков работы батареи [21-25]. В нашей педиатрической когорте в раннем послеоперационном периоде гисальная стимуляция показала низкий порог, однако в ходе проспективного наблюдения у трех пациентов регистрировалось нарастание порога стимуляции на желудочковом электроде, что согласуется с упомянутыми публикациями.

G.Dandamudi и соавт. [12] представили многоцентровую (в 6 центрах) ретроспективную серию 17 молодых взрослых с врожденной АВБ (средний возраст $27,4 \pm 11,3$ года), которым была выполнена стимуляция пучка Гиса. Пациенты наблюдались в течение 385 ± 279 дней. Из 8 пациентов с имплантированными ранее системами кардиостимуляторов у троих была дисфункция ЛЖ, предположительно связанная с ПЖ стимуляцией, и у 5 были проблемы с электродами ПЖ. Авторы отмечают, что ни у одного из пациентов с имплантацией *de novo* не было дисфункции ЛЖ. У пациентов, которым ранее проводилась стимуляция ПЖ, наблюдалось значительное уменьшение продолжительности комплекса QRS при гисальной стимуляции по сравнению с относительно широкими комплексами QRS, связанными со стимуляцией ПЖ. Три пациента с дисфункцией ЛЖ на фоне хронической кардиостимуляции ПЖ продемонстрировали значительное улучшение ФВ ЛЖ и функционального статуса. Важно отметить, что в когорте данного наблюдения было 2 ревизии электродов, связанные с повышением порога стимуляции. Один случай произошел на 14-й день, второй развился через 722 дня после операции [26].

Другая группа авторов предоставила дополнительные доказательства того, что гисальная стимуляция ассоциирована с более низкой электромеханической диссинхронией ЛЖ и с меньшей продолжительностью комплекса QRS по сравнению с традиционной стимуляцией ПЖ [13]. У наших пациентов до и после гисальной стимуляции продолжительность комплексов QRS статистически значимо не изменилась, что связано с исходным нормальным значением этого показателя у большинства пациентов, в том числе и у пациента с исходной ПЖ стимуляцией. Лишь у одного пациента с тетрадой Фалло (5 клинический случай) расширение QRS до 140 мс было связано с блокадой правой ножки пучка Гиса. В связи с тем, что в нашей группе наблюдения не было пациентов со сниженной ФВ ЛЖ, мы не наблюдали динамику данного показателя. Однако необходимо отметить, что у всех наших пациентов на фоне гисальной селективной и неселективной стимуляции отмечено достоверное улучшение показателей электромеханической диссинхронии ЛЖ (рис. 1). Наиболее значимая нормализация продольной деформации ЛЖ регистрировалась у пациента с предшествующей ранее ПЖ эпикардиальной стимуляцией. Результаты нашего исследования согласуются с данными группы авторов, которые также продемонстрировали преимущества методики *Speckle-tracking ЭхоКГ* с определением GLS ЛЖ, как наиболее чувствительного маркера нарушения контрактильности ЛЖ по сравнению со стандартной *ЭхоКГ* [27].

Пациенты детского возраста и пациенты с ВПС особенно уязвимы к дисфункции ЛЖ при хронической кардиостимуляции ПЖ, поэтому для детей потенциальные преимущества стимуляции проводящей системы не менее значимы, чем для взрослых. Достижение синхронного сокращения желудочков при стимуляции проводящей системы обеспечивает наиболее физиологическую активацию миокарда. Однако необходимо отметить сложности выполнения процедуры изоли-

рованной гиссальной стимуляции. Тем не менее опыт применения гиссальной кардиостимуляции у взрослых увеличивается и демонстрирует высокую эффективность и безопасность. Следует отметить, что достаточно ограниченное число клиник в мире имеет опыт гиссальной кардиостимуляции в педиатрической популяции. Учитывая, что наша клиника является одной из немногих, где имеется задел использования этой методики, считаем целесообразным дальнейшее накопление опыта и совершенствование технологии для обеспечения широкого применения физиологической кардиостимуляции в детской популяции. Несомненно, крайне важно наличие специализированных доставочных систем, для стандартизации методики имплантации и получения стабильных результатов по успешности имплантации и сохранение электрических параметров.

Ограничения исследования

Наше исследование имеет ограничение, связанное с отсутствием результатов длительного проспек-

тивного наблюдения, которое будет выполнено в дальнейшем. Относительно небольшое число пациентов (характерно для большинства педиатрических исследований) не позволило разделить пациентов на группы и провести отдельный статистический анализ показателей гемодинамики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пациентам, которые подвержены риску развития желудочковой диссинхронии в результате традиционной ПЖ стимуляции, а также пациентам, которым показана первичная эндокардиальная имплантация ЭКС, может быть рекомендована стимуляция пучка Гиса, которая обеспечивает физиологическую активацию желудочков и предотвращает развитие пейсмейкериндуцированной кардиомиопатии. Приведенный клинический опыт, как и данные литературы, позволяют надеяться на широкое практическое внедрение электрокардиостимуляции пучка Гиса в детской практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Silka MJ, Shah MJ, Avari Silva JN, et al. Document Reviewers. 2021 PACES expert consensus statement on the indications and management of cardiovascular implantable electronic devices in pediatric patients: Executive summary. *Indian Pacing Electrophysiol J.* 2021;21(6): 349-366. <https://doi.org/10.1016/j.ipej.2021.07.006>.
2. Baruteau AE, Pass RH, Thambo JB, et al. Congenital and childhood atrioventricular blocks: pathophysiology and contemporary management. *Eur J Pediatr.* 2016;175: 1235-1248. <https://doi.org/10.1007/s00431-016-2748-0>.
3. Yasuda K, Hayashi G, Ohuchi H, et al. Dilated cardiomyopathy after pacemaker implantation in complete heart block. *Pediatr Int.* 2005;47: 121-125. <https://doi.org/10.1111/j.1442-200x.2005.02034.x>.
4. Silvetti MS, Muzi G, Unolt M, et al. Left ventricular (LV) pacing in newborns and infants: Echo assessment of LV systolic function and synchrony at 5-year follow-up. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2020;43(6): 535-541. <https://doi.org/10.1111/pace.13908>.
5. Ng AC, Allman C, Vidaic J, et al. Long-term impact of right ventricular septal versus apical pacing on left ventricular synchrony and function in patients with second- or third-degree heart block. *Am J Cardiol.* 2009;103: 1096-101. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2008.12.02>.
6. Peschar M, De Swart H, Michels KJ, et al. Left ventricular septal and apex pacing for optimal pump function in canine hearts. *J Am Coll Cardiol.* 2003;41:1218-1226. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(03\)00091-3](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(03)00091-3).
7. Tantengco MVT, Thomas RL, Karpawich PP. Left ventricular dysfunction after long-term right ventricular apical pacing in the young. *J Am Coll Cardiol.* 2001;37: 2093-2100. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(01\)01302-x](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(01)01302-x).
8. Marrus S, Andrews C, Cooper D, et al. Repolarization changes underlying long-term cardiac memory due to right ventricular pacing: Noninvasive mapping with electropcardiographic imaging. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2012;5: 773-781. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.112.970491>.
9. Arnold AD, Whinnett ZI, Vijayaraman P. His-Purkinje Conduction System Pacing: State of the Art in 2020. *Arrhythm Electrophysiol Rev.* 2020;9(3): 136-145. <https://doi.org/10.15420/aer.2020.14>.
10. Sharma PS, Vijayaraman P, Ellenbogen KA. Permanent His bundle pacing: shaping the future of physiological ventricular pacing. *Nat Rev Cardiol.* 2020;17(1): 22-36. <https://doi.org/10.1038/s41569-019-0224-z>.
11. Lyon S, Dandamudi G, Kean AC. Permanent His-bundle Pacing in Pediatrics and Congenital Heart Disease. *J Innov Card Rhythm Manag.* 2020;11(2): 4005-4012. <https://doi.org/10.19102/icrm.2020.110205>.
12. Dandamudi G, Simon J, Cano O, et al. Permanent His Bundle Pacing in Patients With Congenital Complete Heart Block: A Multicenter Experience. *JACC Clin Electrophysiol.* 2021;7(4): 522-529. <https://doi.org/10.1016/j.jacep.2020.09.015>.
13. Tokavanich N, Prasitlumkum N, Mongkonsritragoon W, et al. A network meta-analysis and systematic review of change in QRS duration after left bundle branch pacing, His bundle pacing, biventricular pacing, or right ventricular pacing in patients requiring permanent pacemaker. *Sci Rep.* 2021;11(1): 12200. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91610-8>.
14. Марцинкевич ГИ, Соколов АА. Программное приложение "Child Heart" для автоматизации рабочего места врача эхокардиографии: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 20096105560, зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 23 января 2009 г. - М., 2009. - 14 с; [Martsinkevich GI, Sokolov AA "Child Heart" software application for automating the echocardiography doctor's workplace: certificate of state registration of the computer program № 20096105560, registered in the Computer program registry 23 of January 2009. M., 2009;14 (In Russ.)].
15. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2016;17(4): 412. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.10.003>.
16. Trivedi SJ, Altman M, Stanton T, et al. Echocar-

- diographic Strain in Clinical Practice. *Heart Lung Circ.* 2019;28(9): 1320-1330. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2019.03.012>.
17. Yee R, Klein GJ, Krahn AC, et al. Selective site pacing: tools and training. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2004;27: 894-6. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.2004.00553.x>.
 18. Deshmukh P, Casavant DA, Romanyshyn M, et al. Permanent, direct His-bundle pacing. A novel approach to cardiac pacing in patients with normal His-Purkinje activation. *Circulation.* 2000;101: 869-77. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.101.8.869>.
 19. Ploneda Valencia RG, Levinstein Jacinto M, Sánchez Contreras CA, et al. Case report: Challenges and implications of conduction system pacing in pediatrics: Case series. *Front Pediatr.* 2023;11: 1160335. <https://doi.org/10.3389/fped.2023.1160335>.
 20. Jimenez E, Zaban N, Sharma N, et al. His Bundle and Left Bundle Pacing in Pediatrics and Congenital Heart Disease: A Single Center Experience. *Pediatr Cardiol.* 2020;41(7): 1425-1431. <https://doi.org/10.1007/s00246-020-02398-9>.
 21. Lewis Andrew JM, Foley P, Whinnett, Z, et al. His bundle pacing: A new strategy for physiological ventricular activation. *J. Am. Heart Assoc.* 2019;8(6): e010972. <https://doi.org/10.1161/JAHA.118.010972>.
 22. Huang, W, Chen X, Su I, et al. A beginner's guide to permanent left bundle branch pacing. *Heart Rhythm.* 2019;16(12): 1791-1796. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2019.06.016>.
 23. Vijayaraman, P, Dandamudi G. How to perform permanent His bundle pacing: Tips and tricks. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 2016;39(12): 1298-1304. <https://doi.org/10.1111/pace.12904>.
 24. Медведь МС. Имплантация электрода для постоянной электрокардиостимуляции в проводящую систему сердца: методики интраоперационной визуализации. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины.* 2023;38(4): 14-19. [Medved MS. The lead implantation into the cardiac conduction system for permanent cardiac pacing: intraoperative visualization techniques. *The Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine.* 2023;38(4): 14-19. (In Russ.) <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2023-38-4-14-19>.
 25. Vijayaraman P, Naperkowski A, Subzposh FA, et al. Permanent His-bundle pacing: Long-term lead performance and clinical outcomes. *Heart Rhythm.* 2018;15(5):696-702. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2017.12.022>.
 26. Vijayaraman MK, Chung G, Dandamudi, et al. His bundle pacing. *J Am Coll Cardiol.* 2018;72: 927-947. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.06.017>.
 27. Torpoco Rivera DM, Sriram C, Karpawich PP, et al. Ventricular Functional Analysis in Congenital Complete Heart Block Using Speckle Tracking: Left Ventricular Epicardial Compared to Right Ventricular Septal Pacing. *Pediatr Cardiol.* 2023;44(5): 1160-1167. <https://doi.org/10.1007/s00246-022-03093-7>.