

© КУЖЕЛЬ Д. А., МАТЮШИН Г. В., САВЧЕНКО Е. Н., САКОВИЧ О. М.

УДК 616.124.2-06:616.124.7

DOI: 10.20333/2500136-2018-4-60-68

ФУНКЦИЯ ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ ПРИ БЛОКАДЕ ЛЕВОЙ НОЖКИ ПУЧКА ГИСА

Д. А. Кужель^{1,2}, Г. В. Матюшин¹, Е. Н. Савченко¹, О. М. Сакович¹

¹Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого, Красноярск 660022, Российская Федерация

²Красноярская краевая больница №2, Красноярск 660049, Российская Федерация

Цель исследования. Изучить функцию левого предсердия (ЛП), скручивание левого желудочка (ЛЖ) и установить возможное их взаимоотношение при нарушении внутрисердечного проведения без очевидных кардиальных заболеваний.

Материал и методы. Обследовано 52 пациента без известных кардиальных заболеваний. Все пациенты были разделены на группу БЛНПГ со средней продолжительностью QRS 153 ± 24 мс и группу контроля с нормальным внутрисердечным проведением. В группу БЛНПГ вошли 34 пациента (14 (41 %) мужчин и 20 (59 %) женщин), в группу контроля вошли 18 лиц (8 (44 %) мужчин и 10 (56 %) женщин). Всем лицам была выполнена коронароангиография, эхокардиография (ЭхоКГ) с определением показателей гемодинамики, продольной деформации ЛЖ и ЛП, вращения и скручивания ЛЖ в состоянии покоя и после проведения нагрузочной пробы.

Результаты. В группе БЛНПГ в состоянии покоя по сравнению с контролем наблюдалось снижение глобальной продольной деформации ЛЖ (соответственно, $-15,6 \pm 4,7$ % и $-18,4 \pm 3,1$ %, $p=0,037$), глобальной продольной деформации ЛП «total» ($31,8 \pm 15,1$ % и $44,3 \pm 11,7$ %, $p=0,0086$) и скручивания ЛЖ ($9,08 \pm 4,59$ ° и $13,96 \pm 4,61$ °, $p=0,0156$), тогда как различия по показателям фракции выброса, конечного систолического и конечного диастолического объема ЛЖ отсутствовали. После проведения нагрузочной пробы в группе БЛНПГ по сравнению с контролем отсутствовал прирост скручивания ЛЖ Δ torsion (соответственно, $-2,05 \pm 8,35$ % и $4,66 \pm 8,49$ %, $p=0,0463$). Описанные изменения скручивания ЛЖ при проведении нагрузочной пробы были получены на фоне сохраняющихся изменений глобальной продольной деформации ЛП ($43,5 \pm 13,3$ % и $56,9 \pm 14,7$ %, $p=0,0286$) и изменении систолической фракции потока легочных вен ($57,6 \pm 4,4$ % и $66,5 \pm 4,2$ %, $p=0,0127$).

Заключение. Снижение скручивания ЛЖ в покое и отсутствие адекватного прироста во время стресс теста при БЛНПГ может сопровождаться изменениями потока легочных вен и деформационных свойств ЛП.

Ключевые слова: эхокардиография, деформация, скручивание левого желудочка, состояние гемодинамики, функция левого предсердия, блокада левой ножки пучка Гиса.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Кужель ДА, Матюшин ГВ, Савченко ЕН, Сакович ОМ. Функция левого предсердия при блокаде левой ножки пучка Гиса. Сибирское медицинское обозрение. 2018;(4):60-68. DOI: 10.20333/2500136-2018-4-60-68

FUNCTION OF THE LEFT ATRIUM WITH BLOCKADE OF THE LEFT LEG OF A BUNCH OF GIS

D. A. Kuzhel^{1,2}, G. V. Matyushin¹, E. N. Savchenko¹, O. M. Sakovich¹

¹ Professor V. F. Voino-Yasensky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk 660022, Russian Federation

²Regional state hospital №2, Krasnoyarsk 660049, Russian Federation

The aim of the research is to study the function of the left atrium (LA), left ventricular twist (LV) and to establish their possible correlation in cases of intraventricular conduction without obvious cardiac diseases.

Material and methods. 52 patients without known cardiac diseases were examined. All patients were divided into BLLBG group with average duration of QRS 153 ± 24 ms and a control group with normal intraventricular conduction. BLLBG group included 34 patients (14 (41%) men and 20 (59%) women), 18 persons (8 (44%) men and 10 (56%) women) were included in control group. Coronary ventriculography, echocardiography (echocardiography) with determination of hemodynamic parameters, longitudinal deformation of LV and LP, rotation and LV twisting at rest and after the loading test were performed in all patients.

Results. In BLLBG group, there was noted a decrease in global longitudinal deformation of the LV ($-15.6 \pm 4.7\%$ and $-18.4 \pm 3.1\%$, $p = 0.037$), global longitudinal deformation of the LA "total" ($31.8 \pm 15.1\%$ and $44.3 \pm 11.7\%$, $p = 0.0086$) and LV twisting ($9.08 \pm 4.59^\circ$ and $13.96 \pm 4.61^\circ$, $p = 0.0156$), whereas differences in the parameters of the ejection fraction, end systolic and terminal diastolic LV volume were absent. After conducting loading test in BLLBG group, there was no increase in torsion of LV Δ torsion (respectively, $2.05 \pm 8.35\%$ and $4.66 \pm 8.49\%$, $p = 0.0463$) in comparison with the control one. The described changes in the LV twist during loading test were obtained against the background of persistent changes in the global longitudinal strain of LA ($43.5 \pm 13.3\%$ and $56.9 \pm 14.7\%$, $p = 0.0286$) and changes in the systolic fraction of the pulmonary veins ($57.6 \pm 4.4\%$ and $66.5 \pm 4.2\%$, $p = 0.0127$).

Conclusion. Decrease in LV twisting at rest and lack of adequate growth during stress test in BLLBG can be accompanied by changes in pulmonary veins flow and LA properties deformation.

Key words: echocardiography, deformation, left ventricular twist, hemodynamic state, left atrial function, blockade of left leg of a bunch of Gis.

Conflict of interest. The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest associated with the publication of this article.

Citation: Kuzhel DA, Matyushin GV, Savchenko EN, Sakovich OM. Function of the left atrium with blockade of the left leg of a bunch of GIs. Siberian Medical Review. 2018;(4):60-68. DOI: 10.20333/2500136-2018-4-60-68

Введение

Патогенез развития систолической дисфункции левого желудочка (ЛЖ) при блокаде левой ножки пучка Гиса (БЛНПГ) остается предметом дискуссий в течение длительного времени [1, 2]. Успешное внедрение в широкую практику методики ресинхронизирующей терапии (CRT) выдвинули на первый план теорию развития внутрижелудочковой диссинхронии, как основной причины развития сердечной недостаточности. В то же время, отсутствие эффекта у достаточно большого числа пациентов предполагает возможное наличие других механизмов, способствующих появлению и прогрессированию недостаточности ЛЖ [3]. Появление в последние годы новых технологий, таких как методика «speckle tracking imaging», позволяет оценить так называемые деформационные свойства миокарда и определить состояние критически важного для сокращения сердца механизма «скручивания» (torsion) ЛЖ, что открывает новые возможности в исследовании кардиальной функции [4, 5]. Наконец с помощью этой методики стало возможным изучить состояние деформации левого предсердия, являющейся маркером развития неблагоприятных событий при многих кардиоваскулярных заболеваниях [6]. Однако влияние собственно БЛНПГ на состояние скручивания ЛЖ и функцию левого предсердия остается малоизученным, поэтому целью нашей работы было исследовать выше названные функции в покое и при физической нагрузке среди лиц с нарушением внутрижелудочкового проведения без явных кардиальных заболеваний.

Материал и методы

В исследование было включено 52 пациента. Всем больным было проведено стандартное клиническое обследование с выполнением объективного осмотра, оценкой анамнеза, ЭКГ и коронаровентрикулографией. Критериями исключения служили: фракция выброса менее 45 %, наличие в анамнезе инфаркта миокарда или реваскуляризации миокарда, стеноз одной или более коронарной артерии свыше 50 %, органическое поражение клапанов сердца, перенесенный инсульт менее 6 месяцев, системная артериальная гипертензия ($> 160/100$ мм рт. ст.), частые алкогольные эксцессы в анамнезе, стойкие наджелудочковые тахикардии, системные заболевания, болезни перикарда, врожденные пороки сердца, легочное сердце. Все лица были разделены на две группы. Группу БЛНПГ составили 34 пациента с поражением проводящей системы сердца без очевидных кардиальных заболеваний, со средней продолжительностью QRS 153,1 мс. Группу контроля составили 18 пациентов также без

известных заболеваний сердца с нормальным внутрижелудочковым проведением. Половое распределение было следующим: в группу БЛНПГ было включено 14 (41 %) мужчин и 20 (59 %) женщин, в группе контроля было 8 (44 %) мужчин и 10 (56 %) женщин. У всех включенных в исследование пациентов, были подписаны информированные согласия на проведение эхокардиографии (ЭхоКГ) и анализ исследования в режиме off-line.

Исследование сердца производилось на ультразвуковом аппарате «Vivid-S6» с использованием матричного секторного фазированного датчика M4S (1,5 - 4,3 МГц). С целью изучения вращательного движения ЛЖ выполнялась ЭхоКГ в двухмерном режиме по стандартной методике из парастернального доступа по короткой оси ЛЖ на уровне фиброзного кольца митрального клапана и верхушки. В режиме кинопетли регистрировались три сердечных цикла, затем выполнялась оценка вращения и скручивания ЛЖ с помощью ультразвуковой технологии 2D - Speckle Tracking Imaging с использованием soft-программы (Echopac PC, GE Healthcare). По кривым, полученным на уровне митрального клапана и верхушки, рассчитывалось вращение ЛЖ в конце систолы на базальном (Rot_{MV}) и апикальном уровнях (Rot_{apex}), выраженное в градусах (рис. 1А). Результирующее скручивание ЛЖ (torsion) оценивалось количественно как выраженная в градусах разница между ротацией верхушки и ротацией на базальном уровне [4].

Помимо вращения определялись стандартные ЭхоКГ показатели. В апикальной позиции на уровне 4-х и 2-х камер определялись конечный диастолический и конечный систолический объемы (КДО, КСО), рассчитывалась ФВ ЛЖ по методике Simpson, оценивалось систолическое давление в легочной артерии (СДЛА), согласно общепринятому подходу в режиме одномерной ЭхоКГ рассчитывалась масса миокарда ЛЖ. Также в позиции 4-х и 2-х камер определялись максимальный и минимальный объемы ЛП (LAV_{max} и LAV_{min}), а также его фракция опустошения ($LAV_{ef} = LAV_{max} - LAV_{min} / LAV_{max}$) [7].

Диастолическая функция ЛЖ оценивалась по трансмитральному кровотоку из апикальной 4-х камерной позиции в режиме импульсно-волнового Допплера [8]. Определялась максимальная скорость раннего (E_{mitr}) и позднего (A_{mitr}) наполнения, их отношение (E_{mitr}/A_{mitr}), время изоволюмического расслабления (IVRT). В режиме импульсно-волновой тканевой доплерографии регистрировалась усредненная скорость движения базального сегмента боковой стенки и межжелудочковой перегородки в период

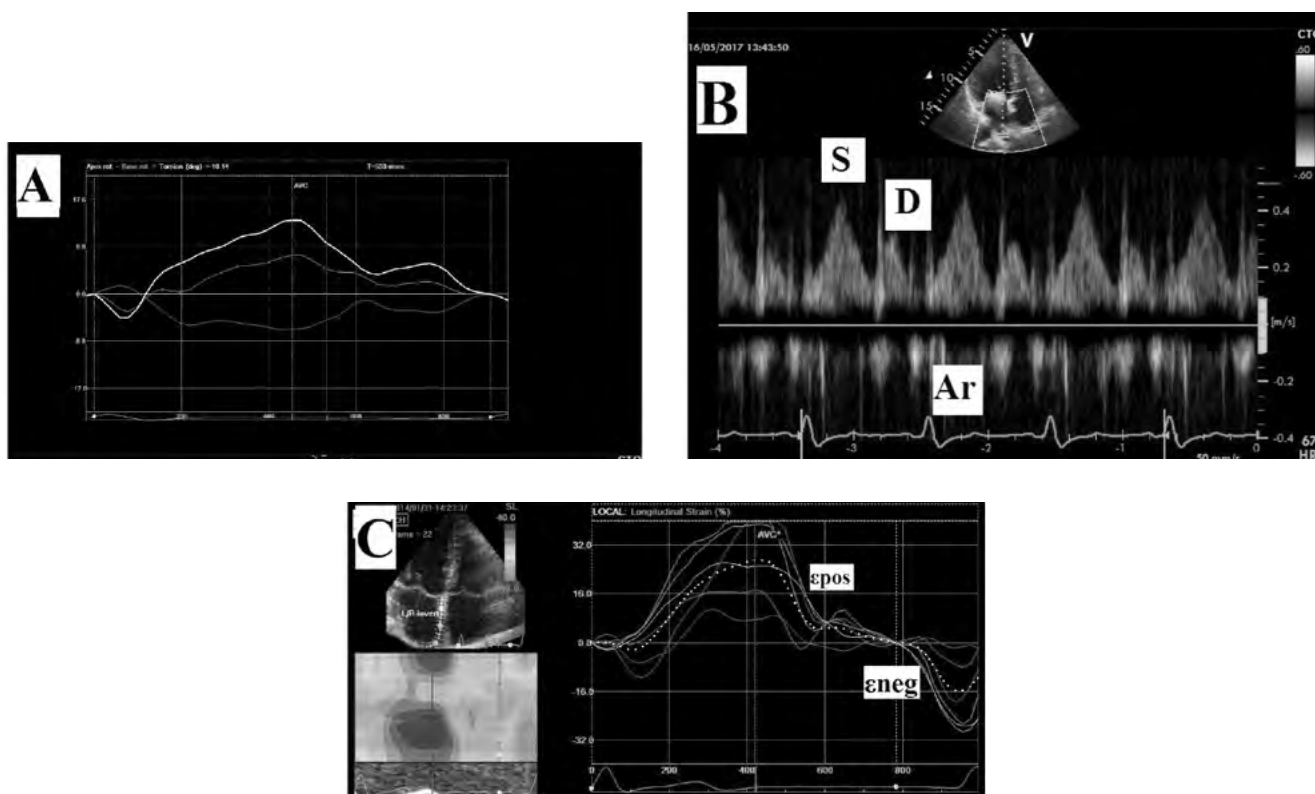


Рисунок 1.

А. Нормальное физиологическое вращение базальных отделов (направленная вниз фиолетовая линия) и верхушки (направленная вверх салатная линия). Результирующее скручивание указывается белой линией.

В. Нормальный поток легочных вен. Систолическая волна (S), во время которой левое предсердие получает основную порцию наполнения, приходится на сегмент ST и зубец T на ЭКГ с явным доминированием над идущей следом диастолической (D) волной. Последующая отрицательная волна (Ar) потока легочных вен, регистрируется во время систолы предсердий.

С. 2D strain левого предсердия. Анализ деформации, рассчитан как усредненный показатель (линия белых точек) от 6 сегментов левого предсердия.

В качестве нулевой точки принят зубец P на электрокардиограмме. Первый положительный пик деформации (ϵ_{pos}) регистрируется во время систолы левого желудочка и представляет фазу трубопровода. Последующий за ним отрицательный пик (ϵ_{neg}) соответствует фазе сокращения левого предсердия и является производным от функции насоса. Абсолютная сумма величины положительного и отрицательного пика представляет глобальную продольную деформацию (ϵ_{total}) левого предсердия и отражает функцию бассейна. AVC – временной интервал закрытия аортального клапана, указывающий окончание систолы желудочков.

Figure 1.

A. Normal physiological rotation of basal sections (downward directed purple line) and apex (upward-directed salad line). Resulting twist is indicated by a white line.

B. Normal pulmonary veins flow. The systolic wave (S), during which the left atrium receives the main filling portion, falls on the ST-segment and the T-wave on the ECG, with obvious dominance over following it diastolic (D) wave. The next negative wave (Ar) of pulmonary veins flow is recorded during the atrial systole.

C. 2D strain of the left atrium. Deformation analysis is calculated as average indicator (line of white dots) from 6 segments of the left atrium.

Wave P is taken as zero point on electrocardiogram. The first positive deformation peak (ϵ_{pos}) is recorded during left ventricular systole and represents pipeline phase. Following it negative peak (ϵ_{neg}) corresponds to the phase of left atrium contraction and it is a derivative of the pump function. The absolute sum of positive and negative peak values represents global longitudinal deformation (ϵ_{total}) of the left atrium and reflects the function of the basin. AVC – temporary interval for aortic valve closing, indicating the end of ventricles systole.

раннего наполнения ЛЖ ($Av. e'$), отношение $E_{mitr} / Av. e'$. С помощью импульсно-волнового Допплера по динамике потока в легочных венах также определялись дополнительные показатели диастолической функции ЛЖ (рис. 1B), такие как скоростно-временной интеграл систолической (VTI S PV) и диастолической (VTI D PV) волны потока легочных вен, а также фракция систолического наполнения ЛП (SFF).

Оценка деформации ЛЖ проводилась по серошкальным изображениям (при частоте кадров (frame rate) 36 и более в секунду), которые автоматически «замораживались» в конце систолы с последующим оконтуриванием границ эндокарда и автоматическим определением глобальной продольной деформации из позиций 4-х, 2-х и 5-ти камер (GlSt). Оценка деформации ЛП (ϵ) определялась из апикального доступа позиции 4-х и 2-х камер (рис. 1C). В качестве нулевой точки использовался зубец P. Регистрировалась максимальная отрицательная деформация во время систолы ЛП (ϵ_{neg}), соответствующая функции насоса, положительный пик ϵ (ϵ_{pos}) как результат функции трубопровода и их сумма (ϵ_{total}) представляющая функцию бассейна [9].

Нагрузочная проба выполнялась на велоэргометре посредством ступенчато возрастающей нагрузки с исходной нагрузкой 25 Вт и последующими приращениями 25 Вт. Критериями прекращения пробы являлось достижение субмаксимальной ЧСС ($0,85 \times (220 - \text{возраст})$), отказ или физическая невозможность продолжать пробу, повышение АД выше 220/100 мм рт ст, частые одиночные или групповые желудочковые нарушения ритма, выраженная одышка или дискомфорт в грудной клетке [10]. Повторное ультразвуковое исследование сердце выполнялось спустя 1 минуту после прекращения нагрузки [11]. По итогам повторного исследования изучалась динамика результирующего скручивания ($\Delta torsion$) и прирост СДЛА, определяемые как разница до физической нагрузки и после.

При статистической обработке данных гипотеза о гауссовском распределении по критериям Колмогорова-Смирнова в форме Лиллиефорса (Lilliefors) и Шапиро-Уилка (Shapiro-Wilk) была отвергнута, поэтому был выполнен тест Манна-Уитни (Manna-Whitney U test). Оценка корреляционных связей между парами количественных признаков осуществлялась с использованием непараметрического рангового коэффициента Спирмена. Во всех процедурах статистического анализа критический уровень значимости p принимался равным 0,05. Результаты представлены в виде медианы (Me), нижней и верхней квартилей.

Результаты и обсуждение

Как видно из представленных в таблице 1 данных, хотя изучаемые группы не различались по основ-

ным показателям гемодинамики, характеризующим геометрию ЛЖ, систолическую и диастолическую функции, за исключением IVRT, необходимо отметить значимое снижение глобальной продольной деформации ЛЖ (GlSt) в группе с БЛНПГ. Наконец различия в показателях результирующего скручивания ЛЖ (torsion) наблюдались между группой БЛНПГ и контролем уже в состоянии покоя, сопровождаясь значимо меньшими показателями в группе нарушения внутрижелудочкового проведения. Объемные показатели ЛП в состоянии покоя также не различались, однако в параметрах, отражающих деформационные свойства, были получены значимые различия. Уже в состоянии покоя были выявлены различия в механике ЛП в систолу ЛЖ (ϵ_{pos}) и в общей продольной деформации (ϵ_{total}) отражающей функцию бассейна.

При выполнении нагрузочной пробы в исследуемых группах, несмотря на одинаковые показатели, характеризующие систолическую функцию (КДО, КСО, ФВ ЛЖ), различия в скручивании ЛЖ сохранялись, тогда как различия в глобальной продольной деформации ЛЖ нивелировались (табл. 2). Кроме того, необходимо отметить разнонаправленную динамику изменения скручивания при выполнении физической нагрузки в группе контроля (прирост) и группе БЛНПГ (отсутствие прироста). Также на фоне физической нагрузки не только сохранялась разница в показателях IVRT, но и появились различия в других параметрах, которые отражали некоторое ухудшение диастолической функции в группе БЛНПГ. Эти изменения касались увеличения отношения $E_{mitr} / Av. e'$ и меньших показателей систолической фракции потока легочных вен (VTI S PV и SEF). Несмотря на очевидные изменения в диастолической функции, различий в объемных показателях ЛП выявлено не было, тогда как параметры деформации сохраняли различия, которые наблюдались и в покое. На этом фоне группа контроля выполнила существенно больший объем работы (нагрузка Wt) и показала меньшие параметры СДЛА.

При анализе корреляционных связей была показана зависимость всех параметров деформации ЛП во время систолы ЛЖ, систолы ЛП и общей продольной деформации с показателями скручивания (torsion), соответственно, для ϵ_{pos} 0,4216 ($p=0,0005$), для ϵ_{neg} -0,2717 ($p=0,0299$) и для ϵ_{total} 0,4228 ($p=0,0005$). При выполнении нагрузочной пробы была получена корреляция скручивания только с продольной деформацией в систолу ЛЖ (ϵ_{pos} 0,4588, $p=0,0123$).

Во время физической нагрузки у здоровых лиц скручивание ЛЖ нарастает. Систолическое скручивание и раскручивание ЛЖ могут почти удвоиться при кратковременной нагрузке в результате увеличения вращения базальных и апикальных отделов [12].

Таблица 1

Исходные гемодинамические показатели у пациентов с блокадой левой ножки пучка Гиса и в контроле

Table 1

Initial hemodynamic parameters in patients with blockade of left leg of a bunch of GIs and in test ones

Параметры	Блокада левой ножки пучка Гиса (n=34)			Контроль (n=18)			Уровень значимости
	Me	Нижний квартиль	Верхний квартиль	Me	Нижний квартиль	Верхний квартиль	
Возраст, лет	56,0	52,0	70,0	55,0	48,0	66,0	0,4533
ЧСС, уд/мин	70,5	61,0	78,0	60,0	57,0	63,0	0,07
КДО, мл	101,0	79,0	147,0	91,5	79,0	103,0	0,1472
КСО, мл	41,0	31,0	62,0	35,0	31,0	41,0	0,2032
ФВ, %	59,0	54,0	69,0	64,5	59,0	70,0	0,2361
ММЛЖ (гр)	196,5	180,0	241,0	188,0	172,5	220,5	0,6291
IVRT, мс	103,0	97,0	122,0	86,0	86,0	114,0	0,0438
Emitr/Amitr	0,82	0,64	1,11	0,8	0,69	1,25	0,5349
Emitr / Av. e'	7,35	6,1	8,5	6,8	6,4	7,85	0,6535
GlSt, %	-16,7	-18,1	-12,7	-18,5	-20,1	-16,8	0,037
VTI S PV, см	13,8	12,2	16,1	16,3	15,4	16,7	0,075
VTI D PV, см	9,5	7,4	11,1	8,6	7,8	9,8	0,7551
SEF, %	61,5	55,3	66,5	66,0	60,0	68,0	0,2235
LAVmax, мл	53,0	42,0	79,0	54,0	34,0	71,0	0,5635
LAVmin, мл	23,0	16,0	40,0	23,0	15,0	28,0	0,3857
LAVef, %	55,0	40,0	62,0	60,0	53,0	69,0	0,0986
εpos, %	11,4	8,8	27,4	26,7	19,6	35,2	0,0015
εneg, %	-16,0	-20,7	-13,9	-16,7	-19,4	-13,5	0,6391
εtotal, %	28,2	20,0	46,1	44,0	31,3	57,6	0,0086
Torsion, %	9,1	6,0	11,1	12,5	9,8	17,1	0,0156
СДЛА, мм рт ст	29,0	27,0	32,8	27,5	25,0	28,0	0,1034

Примечание: ЧСС – частота сердечных сокращений, КДО – конечный диастолический объем левого желудочка, КСО – конечный систолический объем левого желудочка, ММЛЖ – масса миокарда левого желудочка, СДЛА – систолическое давление в легочной артерии, ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка, E_{mitr}/A_{mitr} – отношение скорости раннего трансмитрального наполнения к скорости наполнения в систолу предсердий, $E_{mitr}/Av. e'$ – отношение скорости раннего трансмитрального наполнения к усредненной скорости движения базального сегмента боковой стенки и межжелудочковой перегородки в период раннего наполнения левого желудочка, GlSt – глобальная деформация ЛЖ в продольном направлении, IVRT – время изоволюмического расслабления левого желудочка, LAVmax – максимальный объем левого предсердия, LAVmin – минимальный объем левого предсердия, LAVef – фракция опустошения левого предсердия, S-EF – систолическая фракция потока легочных вен, Torsion – скручивание ЛЖ, VTI D PV – скоростно-временной интеграл диастолического потока легочных вен, VTI S PV – скоростно-временной интеграл систолического потока легочных вен, εneg – деформация левого предсердия во время систолы, εpos – деформация левого предсердия во время систолы левого желудочка, εtotal – глобальная деформация левого предсердия.

Note: ЧСС – heart beat rate, КДО – end diastolic volume of the left ventricle, КСО – end systolic volume of the left ventricle, ММЛЖ – left ventricular myocardial mass, СДЛА – systolic pressure in pulmonary artery, ФВ ЛЖ – left ventricular ejection fraction, Emitr / Amitr – ratio of early transmittal filling rate to the filling rate in atrial systole, Emitr / Av. e' – ratio of early transmittal filling speed to the average movement speed of basal segment of lateral wall and interventricular septum during early filling of the left ventricle, GlSt – global LV deformation in longitudinal direction, IVRT – time of isovolumic relaxation of the left ventricular, LAVmax – maximum volume of the left atrium, LAVmin – minimum volume of the left atrium, LAVef – left atrial emptying fraction, S-EF – systolic fraction of the pulmonary veins stream, Torsion – LV twisting, VTI D PV – speed-time integral of diastolic pulmonary venous flow, VTI S PV – speed-time integral of systolic pulmonary venous flow, εneg – deformation of the left atrium during systole, εpos – deformation of the left atrium during systole of the left ventricle, εtotal – global deformation of the left atrium.

Таблица 2

**Гемодинамические показатели у пациентов с блокадой левой ножки пучка Гиса
и в контроле после выполнения нагрузочной пробы**

Table 2

**Hemodynamic parameters in patients with blockade of left leg of a bunch of GIs
and in test ones after conducting loading test**

Параметры	Идиопатическая блокада левой ножки пучка Гиса (n=34)			Контроль (n=18)			Уровень значимости
	Me	Нижний квартиль	Верхний квартиль	Me	Нижний квартиль	Верхний квартиль	
ЧСС, уд/мин	108,5	94	121	110	101	122	0,3791
Нагрузка (Wt)	75,0	50	75	100,0	100	125	0,007
КДО, мл	104,0	76,0	124,0	86,0	67,0	128,0	0,6789
КСО, мл	33,0	26,0	52,0	30,0	17,0	34,0	0,2353
ФВ, %	64,0	58,0	75,0	71,0	59,0	75,0	0,503
GISt%	-17,2	-19,7	-14,8	-19,6	-22,7	-14,7	0,2414
IVRT, мс	89,0	70,0	103,5	70,0	61,0	87,0	0,0257
Emitr/Amitr	0,66	0,55	0,89	0,73	0,69	1,23	0,0723
Emitr / Av. e'	7,0	5,75	10,05	6,0	4,8	7,0	0,0368
VTI S PV, см	13,8	9,4	14,9	17,75	15,15	21,25	0,0264
VTI D PV, см	9,6	7,4	11,3	9,05	7,95	10,05	0,5139
S-EF, %	57,0	54,0	61,0	66,5	63,0	70,0	0,0127
LAVmax, мл	44,0	35,0	55,0	35,0	25,0	60,0	0,3240
LAVmin, мл	16,0	10,0	27,0	15,0	9,0	25,0	0,6905
LAVef, %	60,5	52,0	70,0	56,0	53,0	62,0	0,4204
εpos, %	22,0	14,5	28,7	31,3	23,6	41,7	0,0056
εneg, %	-23,05	-25,6	-16,15	-22,7	-23,6	-17,7	0,7548
εtotal, %	44,5	31,2	54,2	56,8	45,2	64,4	0,0286
Torsion, %	4,7	1,1	12,8	17,6	14,2	19,4	0,0002
ΔTorsion, %	-2,4	-5,8	2,5	4,0	1,4	5,5	0,0463
СДЛА, мм рт ст	40,0	35,0	50,0	32,0	30,5	33,5	0,0201
ΔСДЛА, мм рт ст	9,0	7,0	13,6	4,5	4,0	6,0	0,026

Примечание: ЧСС – частота сердечных сокращений, КДО – конечный диастолический объем левого желудочка, КСО – конечный систолический объем левого желудочка, ММЛЖ – масса миокарда левого желудочка, СДЛА – систолическое давление в легочной артерии, ΔСДЛА – прирост систолического давления в легочной артерии после нагрузочной пробы, ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка, Emitr/Amitr – отношение скорости раннего трансмитрального наполнения к скорости наполнения в систолу предсердий, Emitr / Av. e' – отношение скорости раннего трансмитрального наполнения к усредненной скорости движения базального сегмента боковой стенки и межжелудочковой перегородки в период раннего наполнения левого желудочка, GISt – глобальная деформация ЛЖ в продольном направлении, IVRT – время изоволюмического расслабления левого желудочка, LAVmax – максимальный объем левого предсердия, LAVmin – минимальный объем левого предсердия, LAVef – фракция опустошения левого предсердия, S-EF – систолическая фракция потока легочных вен, Torsion – скручивание ЛЖ, ΔTorsion – прирост скручивания после нагрузочной пробы, VTI D PV – скоростно-временной интеграл диастолического потока легочных вен, VTI S PV – скоростно-временной интеграл систолического потока легочных вен, εneg – деформация левого предсердия во время систолы, εpos – деформация левого предсердия во время систолы левого желудочка, εtotal – глобальная деформация левого предсердия.

Notes: ЧСС – heart beat rate, КДО – end diastolic volume of the left ventricle, КСО – end systolic volume of the left ventricle, ММЛЖ – left ventricular myocardial mass, СДЛА – systolic pressure in pulmonary artery, ΔСДЛА – increase of systolic pressure in pulmonary artery after loading test, ФВ ЛЖ – left ventricular ejection fraction, Emitr / Amitr – ratio of early transmittal filling rate to the filling rate in atrial systole, Emitr / Av. e' – ratio of early transmittal filling speed to the average movement speed of basal segment of lateral wall and interventricular septum during early filling of the left ventricle, GISt – global LV deformation in longitudinal direction, IVRT – time of isovolumic relaxation of the left ventricular, LAVmax – maximum volume of the left atrium, LAVmin – minimum volume of the left atrium, LAVef – left atrial emptying fraction, S-EF – systolic fraction of the pulmonary veins stream, Torsion – LV twisting, ΔTorsion – twist increase after loading test, VTI D PV – speed-time integral of diastolic pulmonary venous flow, VTI S PV – speed-time integral of systolic pulmonary venous flow, εneg – deformation of the left atrium during systole, εpos – deformation of the left atrium during systole of the left ventricle, εtotal – global deformation of the left atrium.

В представленной работе физиологический прирост скручивания был продемонстрирован в группе контроля, тогда как в группе БЛНПП положительная динамика не только отсутствовала, но и наблюдалась тенденция к ухудшению этого показателя.

Принято считать, что в отсутствие патологии митрального клапана давление в ЛП и ЛЖ в диастолу связаны напрямую. Поэтому увеличение объема ЛП может быть признаком высокого давления наполнения. Это объясняет связь между расширением ЛП и неблагоприятными клиническими результатами, показанными в ряде исследований [13, 14]. Основная задача ЛП заключается в обеспечении наполнения желудочка, поэтому эффективная работа предсердия самым непосредственным образом связана с нормальной функцией ЛЖ. Поскольку эти камеры взаимодействуют на протяжении всего кардиоцикла, собственно вся работа ЛП может быть разложена на три составляющие. Во время систолы ЛЖ, когда происходит смещение закрытого митрального клапана к верхушке, в результате быстрого падения давления в ЛП возникает «присасывающий момент», что обеспечивает эффективное наполнение ЛП посредством систолической фракции потока легочных вен, поэтому эта камера функционирует как бассейн (reservoir). Во время ранней диастолы ЛП осуществляет функцию трубопровода (conduit), когда кровь, поступающая из легочных вен уже при открытом митральном клапане, протекает непосредственно в ЛЖ. Наконец, во время поздней диастолы, при активном сокращении предсердных мышечных волокон, ЛП нагнетает кровь в ЛЖ и обеспечивает насосную (booster pump) функцию [9].

Эффективная функция ЛП модулируется несколькими факторами. Так, функция бассейна управляется способностью к растяжению (compliance) ЛП во время систолы ЛЖ, а также степенью смещения основания ЛЖ к верхушке во время систолы ЛЖ, то есть его сократительными свойствами. Функция трубопровода также обеспечивается предсердным растяжением и тесным образом связана с функцией бассейна, однако также зависит от расслабления и растяжимости ЛЖ. Функция насоса, в свою очередь, отражает величину и продолжительность сократимости ЛП, при этом зависит от степени венозного возврата (преднагрузка ЛП), конечного диастолического давления ЛЖ (посленагрузка ЛП) [15].

Полученные в представленном исследовании в состоянии покоя и при физической нагрузке результаты показали значимые различия в изучаемых группах в показателях скручивания и параметрах продольной деформации ЛП во время систолы ЛЖ. Кроме того, при физической нагрузке были выявлены изменения также и в потоке легочных вен. Можно предпо-

ложить, что наличие БЛНПП в результате асинхронного возбуждения ЛЖ, нарушает нормальную физиологию сокращения ЛЖ посредством ухудшения скручивания, а также препятствует адекватному его приросту во время физической нагрузки. Это, в свою очередь, вызывает снижение «присасывающего» действия систолы ЛЖ и уменьшает поток легочных вен в этот период кардиоцикла, что негативно влияет на функцию ЛП как резервуара и, вероятно, ухудшает последующее диастолическое наполнение. Подтвержденная при корреляционном анализе связь между скручиванием ЛЖ и продольной деформацией ЛП (eros), также указывает на их очевидную взаимную зависимость.

Другим возможным отрицательным результатом БЛНПП на функцию ЛЖ при нагрузочной пробе было вероятное, поскольку эти процессы взаимосвязаны, уменьшение амплитуды раскручивания ЛЖ в диастолу. Этот процесс играет важную роль в обеспечении быстрого падения давления в ЛЖ в раннюю диастолу [16], поэтому наблюдаемое некоторое ухудшение диастолических показателей в группе БЛНПП при стресс-нагрузке возможно также является отражением отсутствия адекватного прироста скручивания.

Как известно нарушение диастолических свойств ЛЖ, в конечном счете, ведет к повышению давления в ЛП. Для того чтобы поддержать адекватное заполнение происходит увеличение функции насоса, что в итоге вызывает напряжение стенки предсердия и расширение его полости [17]. Начальные этапы диастолической дисфункции характеризуются снижением функции бассейна, тогда как в случае развития систолической дисфункции происходит снижение и функции бассейна и функции насоса [18]. В представленном исследовании в изучаемых группах, как в покое, так и при нагрузке наблюдались различия в деформации ЛП, характерные именно для начальных стадий диастолической дисфункции. С другой стороны, отсутствие различий в показателях деформации ЛП в фазу насоса (eneg) можно расценить как возможный компенсаторный механизм обеспечения адекватного наполнения ЛЖ. Нужно отметить, что различия в показателях деформации ЛП, были получены в отсутствие значимых различий его объемов. Можно предположить, что деформационные свойства ЛП являются более чувствительным маркером в выявлении тонких нарушений условий функционирования левых отделов по сравнению традиционными параметрами, рекомендуемыми для рутинной оценки работы сердца [19].

Заключение

Таким образом, снижение скручивания ЛЖ в покое и отсутствие адекватного прироста во время стресс теста при БЛНПП может сопровождаться из-

менениями потока легочных вен посредством снижения систолической фракции и ухудшением деформационных свойств ЛП.

Литература / References

1. Wong B, Rinkenberger R, Dunn M, Goodyer A. Effect of intermittent left bundle branch block on left ventricular performance in the normal heart. *The American Journal of Cardiology*. 1977;(39):459.

2. Kuhn H, Breithardt G, Knieriem HJ, Köhler E, Lösse B, Seipel L, Loogen F. Prognosis and possible presymptomatic manifestations of congestive cardiomyopathy (COCM). *Postgraduate Medical Journal*. 1978;54(633):451–461.

3. Павлюкова ЕН, Кужель ДА, Матюшин ГВ, Лыткина ВС. Блокада левой ножки пучка Гиса и скручивание левого желудочка при низкой фракции выброса. *Клиническая медицина*. 2015;93(11):15-21. [Pavlu-kova EN, Kuzhel DA, Matyushin GV, Lytkina VS. Left Gis bundle branch block associated with left ventricular torsion and reduced ejection fraction. *Clinical Medicine*. 2015;93(11):15-21. (In Russian)]

4. Helle-Valle T, Crosby J, Edvardsen T, Lysseggen E, Amundsen BH, Smith HJ, Rosen BD, Lima JA, Torp H, Ihlen H, Smiseth OA. New noninvasive method for assessment of left ventricular rotation: speckle tracking echocardiography. *Circulation*. 2005;(112):3149–56. DOI: 10.1161/circulationaha.104.531558

5. Esch BT, Warburton DE. Left ventricular torsion and recoil: implication for exercise performance and cardiovascular disease. *Journal of Applied Physiology*. 2009;106(2):362-369. DOI: 10.1152/jappphysiol.00144.2008

6. Vieira MJ, Teixeira R, Goncalves L, Gersh BJ. Left Atrial Mechanics: Echocardiographic Assessment and Clinical Implications. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2014;(27):463-78. DOI: 10.1016/j.echo.2014.01.021

7. Lang R, Badano L, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, Flachskampf F, Foster E, Goldstein S, Kuznetsova T, Lancellotti P, Muraru D, Picard M, Rietzschel E, Rudski L, Spencer K, Tsang W, Voigt J. Recommendations for Cardiac Chamber quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2015;(28):1-39. DOI: 10.1016/j.echo.2014.10.003

8. Nagueh SF, Smiseth OF, Appleton CP, Byrdn BF, Dokainish H, Edvardsen T, Flachskampf FA, Gillebert TC, Klein AL, Lancellotti P, Marino P, Oh JK, Popescu BA, Waggoner AD. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: an update from the American Society

of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular imaging. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2016;(29):277-314. DOI:10.1016/j.echo.2016.01.011

9. Mor-Avi V, Lang RM, Badano LP, Belohlavek M, Cardim NM, Derumeaux G, Galderisi M, Marwick T, Nagueh SF, Sengupta PP, Sicari R, Smiseth OA, Smulevitz B, Takeuchi M, Thomas JD, Vannan M, Voigt JU, Zamorano JL. Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of cardiac mechanics: ASE/EAE consensus statement on methodology and indications endorsed by the Japanese Society of Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2011;(24):277–313. DOI: 10.1093/ejechoard/er021

10. Fletcher G, Balady G, Amsterdam E, Chaitman B, Eckel R, Fleg J, Froelicher VF, Leon AS, Piña IL, Rodney R, Simons-Morton DA, Williams MA, Bazzarre T. Exercise Standards for Testing and Training: A Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association. *Circulation*. 2001;(104):1694. DOI: 10.1161/hc3901.095960

11. Sicari R, Nihoyannopoulos P, Evangelista A, Kasprzak J, Lancellotti P, Poldermans D, Voigt JU, Zamorano JL. Stress Echocardiography Expert Consensus Statement—Executive Summary European Association of Echocardiography (EAE) (a registered branch of the ESC). *European Heart Journal*. 2009;30(3):278-289. DOI: 10.1093/eurheartj/ehn492

12. Zócalo Y, Bia D, Armentano RL, Arias L, López C, Etchart C, Guevara E. Assessment of training-dependent changes in the left ventricle torsion dynamics of professional soccer players using speckle-tracking echocardiography. *Conference proceedings : Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual Conference*. 2007;(1):2709–12. DOI: 10.1109/IEMBS.2007.4352888

13. Møller JE, Hillis GS, Oh JK, Seward JB, Reeder GS, Wright RS, Park SW, Bailey KR, Pellikka PA. Left atrial volume: A powerful predictor of survival after acute myocardial infarction. *Circulation*. 2003;(107):2207-12. DOI: 10.1161/01.CIR.0000066318.21784.43

14. Tsang TS, Barnes ME, Gersh BJ, Bailey KR, Seward JB. Left atrial volume as a morphophysiological expression of left ventricular diastolic dysfunction and relation to cardiovascular risk burden. *The American Journal of Cardiology*. 2002;(90):1284-9.

15. Hoit BD. Left Atrial Size and Function. Role in Prognosis. *Journal of the American College of Cardiology*. 2014;(63):493–505. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.10.055

16. Notomi Y. Enhanced ventricular untwisting during exercise: a mechanistic manifestation of elastic recoil described by Doppler tissue imaging. *Circula-*

tion. 2006;(113):2524–33. DOI: 10.1161/circulationaha.105.596502

17. D'Andrea A, Caso P, Romano S, Scarafile R, Cuomo S, Salerno G, Riegler L, Limongelli G, Di Salvo G, Romano M, Liccardo B, Iengo R, Ascione L, Del Viscovo L, Calabrò P, Calabrò R. Association between left atrial myocardial function and exercise capacity in patients with either idiopathic or ischemic dilated cardiomyopathy: a two-dimensional speckle strain study. *International Journal of Cardiology*. 2009;(132):354–63. DOI: 10.1016/j.ijcard.2007.11.102

18. Gottdiener JS, Kitzman DW, Aurigemma GP, Arnold AM, Manolio TA. Left atrial volume, geometry, and function in systolic and diastolic heart failure of persons > or = 65 years of age (the Cardiovascular Health Study). *The American Journal of Cardiology*. 2006;(97):83–9. DOI:10.1016/j.amjcard.2005.07.126

19. Yoon EY, Oh I-Y, Kim S-A, Park KH, Kim SH, Park JH, Kim JE, Lee SP, Kim HK, Kim YJ, Sohn DW, Cho GY. Echocardiographic Predictors of Progression to Persistent or Permanent Atrial Fibrillation in Patients with Paroxysmal Atrial Fibrillation (E6P Study). *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2015;(28):709–17. DOI: 10.1016/j.echo.2015.01.017

Сведения об авторах

Кужель Дмитрий Анатольевич, к.м.н., доцент, Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого, адрес: Российская Федерация, 660022, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1; Красноярская краевая больница №2; адрес: Российская Федерация, 660049, г. Красноярск, ул. Карла Маркса, д. 43, тел.: 8(391)2026772; e-mail: dakushel@yandex.ru

Матюшин Геннадий Васильевич, д.м.н., профессор, Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого, адрес: Российская Федерация, 660022, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1; тел.: 8 (391) 2201550; e-mail: matyushin1@yandex.ru

Савченко Елена Александровна, к.м.н., доцент, Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого, адрес: Российская Федерация, 660022, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1; e-mail: lenasavchenko@rambler.ru

Сакович Ольга Михайловна, к.м.н., доцент, Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого, адрес: Российская Федерация, 660022, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1; e-mail: olgasakov@cloud.com

Author information

Dmity A. Kuzhel, Cand.Med.Sci., Associate Professor, Professor V. F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University; Address: 1, Partizan Zheleznyak Str., Krasnoyarsk, Russian Federation 660022; the Head of Functional Diagnostics Department, Regional State Hospital №2, Address: 43, Karl Marx Str., Krasnoyarsk, Russian Federation 660049; Phone: 8(391)2026772, e-mail: dakushel@yandex.ru

Gennady V. Matyushin, Dr.Med.Sci., Professor, Professor V. F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University; Address: 1, Partizan Zheleznyak Str., Krasnoyarsk, Russian Federation 660022; Phone: 8(391)2201550; e-mail: matyushin1@yandex.ru

Elena A. Savchenko, Cand.Med.Sci., Associate Professor, Professor V. F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University; Address: 1, Partizan Zheleznyak Str., Krasnoyarsk, Russian Federation 660022; e-mail: lenasavchenko@rambler.ru

Olga M. Sakovitch, Cand.Med.Sci., Associate Professor, Professor V. F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University; Address: 1, Partizan Zheleznyak Str., Krasnoyarsk, Russian Federation 660022; e-mail: olgasakov@cloud.com

Поступила 23.08.2017 г.

Принята к печати 05.04.2018 г.

Received 23 August 2017

Accepted for publication 05 April 2018