

Диастолическая функция левого желудочка при идиопатической блокаде левой ножки пучка Гиса при нагрузочной пробе

Е.Н. Павлюкова¹, Д.А. Кужель^{2, 3}

¹ Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский НИМЦ, г. Томск

² ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Красноярск

³ КГБУЗ «Красноярская краевая больница №2», г. Красноярск

Обследовано 34 пациента с идиопатической блокадой левой ножки пучка Гиса со средней продолжительностью QRS $153,1 \pm 24,5$ мс (здесь и далее $M \pm \sigma$) в возрасте от 29 до 81 года. В группу контроля вошли 18 человек в возрасте от 38 до 80 лет. Всем больным была выполнена эхокардиография с определением показателей гемодинамики, глобальной продольной деформации миокарда и диастолической функции левого желудочка в покое и после проведения нагрузочной пробы. В группе с идиопатической блокадой левой ножки пучка Гиса в покое по сравнению с контролем наблюдались более низкие значения глобальной продольной деформации ($-15,6 \pm 3,7$ и $-18,4 \pm 3,1\%$, $P = 0,037$) и скручивания левого желудочка ($9,08 \pm 4,59$ и $13,96 \pm 4,61^\circ$, $P = 0,016$), тогда как различия по показателям диастолической функции отсутствовали. После проведения нагрузочной

пробы в группе с идиопатической блокадой левой ножки пучка Гиса по сравнению с контролем наблюдались меньшие значения отношения раннего трансмитрального наполнения к скорости наполнения в систолу предсердий (E_{mitr}/A_{mitr}) ($0,74 \pm 0,20$ и $0,98 \pm 0,30$, $P = 0,033$) и усредненной скорости движения базального сегмента боковой стенки и межжелудочковой перегородки в период раннего наполнения левого желудочка (согласно тканевой доплерографии) ($Av. e'$) ($9,4 \pm 4,0$ и $12,7 \pm 3,5$ см/с, $P = 0,013$); большее время изоволюмического расслабления (IVRT) ($89,3 \pm 19,6$ и $67,5 \pm 14,2$ мс, $P = 0,004$); меньшие значения систолической фракции наполнения левого предсердия (SFF) ($58,1 \pm 5,3$ и $64,5 \pm 4,5\%$, $P = 0,026$). Описанные различия диастолической функции левого желудочка при проведении нагрузочной пробы в группе с идиопатической

Е.Н. Павлюкова – д.м.н., профессор, ведущий научный сотрудник отделения атеросклероза и хронической ишемической болезни сердца Научно-исследовательского института кардиологии Томского НИМЦ, г. Томск. Д.А. Кужель – к.м.н., доцент кафедры кардиологии и функциональной диагностики ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации; заведующий отделением функциональной диагностики КГБУЗ «Красноярская краевая больница №2», г. Красноярск.

Контактная информация: 660049 г. Красноярск, ул. Карла Маркса, д. 43, КГБУЗ «Красноярская краевая больница №2», отделение функциональной диагностики. Кужель Дмитрий Анатольевич. Тел.: +7 (391) 202-67-72. E-mail: dakushel@yandex.ru

блокадой левой ножки пучка Гиса по сравнению с контролем были получены на фоне сохраняющихся различий в скручивании (*twist*) левого желудочка ($6,82 \pm 6,26$ и $18,61 \pm 6,90$, $P = 0,000$). Однако значения глобальной продольной деформации (*GLS*) достоверно не различались, тогда как появились достоверные различия значений систолического давления в легочной артерии ($41,6 \pm 8,5$ и $32,4 \pm 3,8$ мм рт. ст., $P = 0,020$). Идиопатическое нарушение внутрижелудочкового проведения по левой ножке пучка Гиса при сохраненной сократительной способности левого желудочка во время физической нагрузки сопровождается признаками нарушения диастолической функции. Возможной причиной подобных изменений является нарушение процесса скручивания, связанного с аномальным ходом возбуждения левого желудочка.

Ключевые слова: эхокардиография, диастолическая функция левого желудочка, диастолическая дисфункция левого желудочка, полная блокада левой ножки пучка Гиса, глобальная продольная деформация, скручивание.

ВВЕДЕНИЕ

В физиологии нормально функционирующей диастолы левого желудочка (ЛЖ) движение скручивания может играть решающую роль в адекватном гемодинамическом обеспечении потребностей организма при возрастающей физической нагрузке у здоровых лиц [1, 2]. Одним из факторов, негативным образом влияющих на процесс скручивания ЛЖ, является полная блокада левой ножки пучка Гиса [3–5]. Однако влияние этого нарушения внутрижелудочкового проведения на состояние скручивания и диастолическую функцию ЛЖ среди лиц с сохраненной сократительной способностью при выполнении физической нагрузки остается неизвестным.

Целью нашей работы была оценка диастолической функции ЛЖ в покое, а также возможных изменений во время выполнения нагрузочной пробы на велоэргометре у пациентов с идиопатической блокадой левой ножки пучка Гиса.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование было включено 34 пациента, имевших на ЭКГ полную блокаду левой ножки пучка Гиса и промежуточную предстесовую вероятность наличия ишемической болезни сердца, в возрасте от 29 до 81 года. Всем больным было выполнено стандартное клиническое обследование с выполнением объективного осмотра, оценкой анамнеза, ЭКГ и коронарорентрикулографией. Критериями исключения служили: фракция выброса (ФВ) менее 45%, наличие в анамнезе инфаркта миокарда или реваскуляризации миокарда, стеноз одной (или более) коронарной артерии более 50%, органическое поражение клапанов сердца, перенесенный инсульт (менее 6 мес), 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. Таким образом, группу с блокадой левой ножки пучка Гиса составили 34 пациента с идиопатической полной блокадой левой ножки пучка Гиса со средней продолжительностью комплекса QRS на ЭКГ $153,1 \pm 24,5$ мс (здесь и далее $M \pm \sigma$). Минимальная продолжительность комплекса QRS в этой группе составила 122,0 мс, максимальная – 180,0 мс. Группу сравнения составили 18 практически здоровых добровольцев в возрасте от 38 до 80 лет. Половое распределение было следующим: в группу с блокадой левой ножки пучка Гиса 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 (GE Healthcare, США) с использованием матричного секторного фазированного датчика M4S (1,5–4,3 МГц). С целью изучения вращательного движения ЛЖ выполнялась эхокардиография в двухмерном режиме по стандартной методике из парастерального доступа по короткой оси ЛЖ

на уровне митрального клапана и верхушки. В режиме кинопетли регистрировались три сердечных цикла, затем выполнялась оценка вращения (ротации) (*rotation*) и скручивания (*twist*) ЛЖ с помощью двухмерной ультразвуковой технологии “след пятна” (*speckle tracking*) с использованием рабочей станции Echopac PC (GE Healthcare, США). По кривым, полученным на уровне митрального клапана и верхушки, рассчитывалось вращение в конце систолы на базальном и апикальном уровнях, выраженное в градусах. Нормальное движение верхушки в систолу подразумевает движение против часовой стрелки, изображается на графике в виде кривой, направленной вверх от изолинии, и оценивается как положительная величина. Тогда как нормальное вращение базальных отделов связано с движением по часовой стрелке, что показывается на графике как кривая, направленная вниз, и оценивается в отрицательных значениях. Скручивание ЛЖ оценивалось количественно (как выраженная в градусах разность между ротацией верхушки и ротацией на базальном уровне) либо автоматически на графике [6].

Помимо вращения определялись стандартные эхокардиографические показатели. Из апикальной позиции на уровне 4-х и 2-х камер вычислялись конечный диастолический и конечный систолический объемы (КДО и КСО) по методике Simpson с оценкой ФВ ЛЖ, систолическое давление в легочной артерии (СДЛА). На уровне 4-х камер из апикальной позиции определялся длинник и поперечник полости ЛЖ на уровне папиллярных мышц и оценивался индекс сферичности (IS). По методике Devereux рассчитывалась масса миокарда ЛЖ (ММЛЖ) [7]. Диастолическая функция ЛЖ оценивалась по трансмитральному кровотоку из апикального доступа на уровне 4-х камер в импульсно-волновом доплеровском режиме [8]. Определялись максимальная скорость раннего (E_{mitr}) и позднего (A_{mitr}) наполнения, их отношение (E_{mitr}/A_{mitr}), время замедления пика E (*deceleration time*) (DT) и время изовольюметрического расслабления (*isovolumetric relaxation time*) (IVRT). По динамике потока в легочных венах определялись скоростно-временные интегралы систолический (*pulmonary vein systolic velocity time integral*) (VTI S PV)

и диастолический (*pulmonary vein diastolic velocity time integral*) (VTI D PV), систолическая фракция наполнения левого предсердия по потоку легочных вен (*systolic filling fraction*) (SFF).

В режиме импульсно-волновой тканевой доплерографии регистрировались усредненная скорость движения базального сегмента боковой стенки и межжелудочковой перегородки в период раннего наполнения ЛЖ ($Av. e'$) и отношение $E_{mitr}/Av. e'$.

Оценка деформации (*strain*) проводилась по двумерным изображениям ЛЖ, зарегистрированным из парастернального доступа в позиции короткой оси и апикального доступа в позиции 4-х и 2-х камер. Серошкальные изображения (при частоте кадров ≥ 36 в секунду) автоматически “замораживались” в конце систолы с последующим оконтуриванием границ эндокарда и автоматическим определением глобальной продольной деформации (*global longitudinal strain*) (GLS) из позиций 4-х, 2-х и 5-ти камер.

Нагрузочная проба выполнялась на горизонтальном велоэргометре по методике ступенчато возрастающей нагрузки, начиная с 25 Вт и последующими приращениями по 25 Вт каждые 3 мин. Критериями прекращения пробы являлись достижение субмаксимальной частоты сердечных сокращений ($0,85 \times (220 - \text{возраст})$), 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 [9]. Повторное ультразвуковое исследование сердца выполнялось спустя не более 1 мин после прекращения нагрузки [10].

При статистической обработке данных гипотеза о гауссовском распределении по критериям Колмогорова–Смирнова в модификации Лиллиефорса и Шапиро–Уилка была отвергнута, поэтому был выполнен тест Манна–Уитни. Во всех процедурах статистического анализа критический уровень значимости P принимался равным 0,05. Результаты представлены в виде $M \pm \sigma$ (где M – среднее арифметическое, σ – стандартное отклонение), медианы, нижнего и верхнего квартилей (25–75-й процентиля), минимального и максимального значений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Гемодинамические показатели в покое у исследуемых пациентов представлены в табл. 1. Изучаемые группы лиц не различались по основным показателям гемодинамики, характеризующим геометрию и систолическую функцию ЛЖ. В покое не наблюдалось различий по всем показателям, описывающим диастолическую функцию ЛЖ. В то же время необходимо отметить значимое снижение глобальной продольной деформации ЛЖ в группе больных с идиопатической блокадой левой ножки пучка Гиса. Наконец, уже в состоянии покоя в группе с блокадой левой ножки пучка Гиса наблюдалось значимое снижение скручивания ЛЖ по сравнению с контрольной группой.

Гемодинамические показатели при выполнении стресс-нагрузки у исследуемых пациентов представлены в табл. 2. При выполнении велоэргометрии в группе контроля наблюдался больший объем выполненной работы (нагрузки). Несмотря на отсутствие достоверного различия показателей, характеризующих систолическую функцию, в группе с блокадой левой ножки пучка Гиса отмечались сдвиги показателей, указывающие на ухудшение диастолической функции ЛЖ. В группе с блокадой левой ножки пучка Гиса были зафиксированы достоверно более низкие значения отношения E_{mitr}/A_{mitr} , а также достоверно большие показатели IVRT. Кроме того, обращают на себя внимание значимо большие показатели усредненной скорости движения базального сегмента боковой стенки и межжелудочковой перегородки в период раннего наполнения ЛЖ ($Av. e'$), а также систолической фракции наполнения левого предсердия (SFF) в группе контроля. В конечном счете, описанные изменения сопровождалась значимо меньшими показателями скручивания ЛЖ в группе с идиопатической блокадой левой ножки пучка Гиса, а также достоверно более высокими показателями СДЛА после физической нагрузки.

Как известно, у здоровых лиц во время физической нагрузки скручивание ЛЖ нарастает. Причем систолическое скручивание и раскручивание ЛЖ могут почти удвоиться при кратковременной нагрузке

в результате увеличения вращения и базальных, и апикальных отделов, резервируя дополнительную потенциальную энергию, которая, освобождаясь в диастолу, улучшает всасывание [2, 11]. Предположено, что вызванное нагрузкой увеличение скорости раскручивания является ключевым фактором раннего диастолического всасывания и заполнения ЛЖ без увеличения давления в левом предсердии. Процессы старения влияют на динамику вращения и скручивания во время физической нагрузки, снижая прирост скручивания ЛЖ во время физической нагрузки, что расценивается как уменьшение резервных возможностей миокарда [11]. В исследовании, проведенном нами, в группе с идиопатической блокадой левой ножки пучка Гиса прирост скручивания во время физической нагрузки отсутствовал. Как результат, наблюдалась тенденция к изменению показателей (E_{mitr}/A_{mitr} , IVRT) в сторону диастолической дисфункции по типу нарушения релаксации (I тип диастолической дисфункции).

Несмотря на то что сердечная недостаточность обычно рассматривается как результат систолической дисфункции, есть мнение, что систолическая и диастолическая дисфункции ЛЖ являются фенотипическими проявлениями одного процесса, который развивается постепенно как цепь клинических событий [12, 13]. Эти события включают в себя снижение деформации, нарушения вращения и скручивания ЛЖ, а также задержку раскручивания, следствием чего первоначально может быть развитие сердечной недостаточности с сохраненной систолической функцией, рост количества которой наблюдается в последние годы [8, 14]. Возможным отражением подобных сложных превращений на фоне признаков диастолической дисфункции по I типу в группе с идиопатической блокадой левой ножки пучка Гиса может быть наличие изменений, указывающих на повышение давления наполнения в ЛЖ во время физической нагрузки (меньшие показатели усредненной скорости движения базального сегмента боковой стенки и межжелудочковой перегородки в период раннего наполнения ЛЖ ($Av. e'$) и систолической фракции наполнения левого предсердия (SFF)) (рисунки).

Таблица 1. Гемодинамические показатели в покое у пациентов с идиопатической блокадой левой ножки пучка Гиса и в контрольной группе

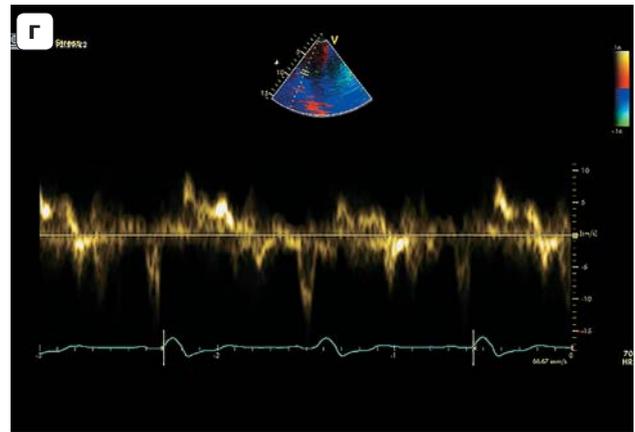
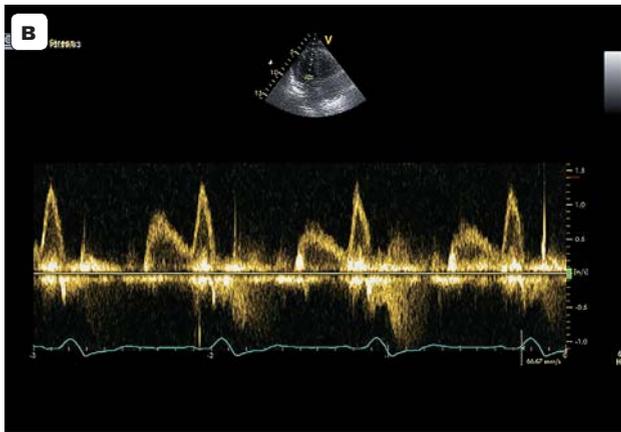
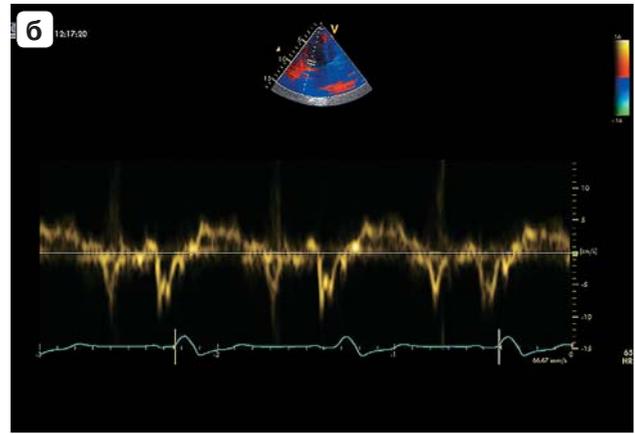
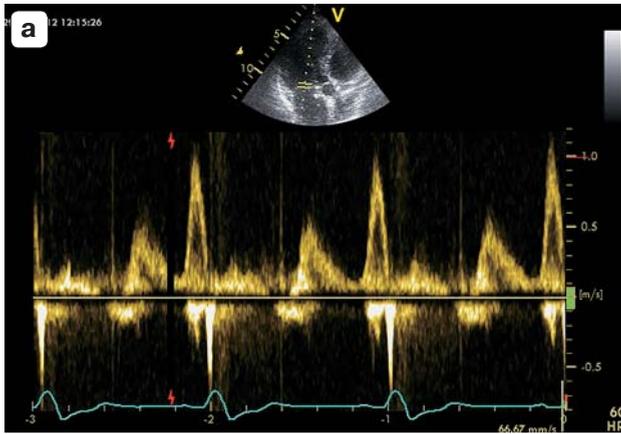
Параметры	Идиопатическая блокада левой ножки пучка Гиса (n = 34)				Контрольная группа (n = 18)				Р при сравнении двух групп
	M ± σ	Медиана	25–75-й процентиля	Минимальное и максимальное значения	M ± σ	Медиана	25–75-й процентиля	Минимальное и максимальное значения	
Возраст, годы	58,8 ± 11,9	56,0	52,0–70,0	29,0–81,0	58,4 ± 12,6	55,0	48,0–66,0	38,0–80,0	0,453
ЧСС, уд/мин	69,9 ± 11,8	70,5	61,0–78,0	55,0–98,0	61,8 ± 8,9	60,0	57,0–63,0	51,0–102,0	0,070
КДО, мл	110,9 ± 35,0	101,0	79,0–147,0	70,0–153,0	95,3 ± 23,5	91,5	79,0–103,0	72,0–151,0	0,147
КСО, мл	45,1 ± 20,1	41,0	31,0–62,0	24,0–69,0	34,3 ± 10,8	35,0	31,0–41,0	25,0–62,0	0,203
ФВ, %	60,8 ± 8,2	59,0	54,0–69,0	43,0–78,0	64,4 ± 9,4	64,5	59,0–70,0	52,0–82,0	0,236
IS	0,57 ± 0,08	0,58	0,50–0,61	0,47–0,65	0,56 ± 0,06	0,56	0,50–0,61	0,43–0,62	0,862
ММЛЖ, г	207,4 ± 44,4	196,5	180,0–241,0	155,0–259,0	198,6 ± 45,5	188,0	172,5–220,5	151,0–244,0	0,629
E _{mitr} , см/с	59,5 ± 16,5	58,0	51,0–65,0	33,0–108,0	63,4 ± 15,0	58,0	56,0–72,0	41,0–89,0	0,454
E _{mitr} /A _{mitr}	0,83 ± 0,27	0,82	0,64–1,11	0,39–1,58	0,96 ± 0,36	0,80	0,69–1,25	0,61–1,65	0,535
Av. e', см/с	8,2 ± 2,5	8,0	6,0–10,0	4,0–14,0	9,5 ± 3,7	9,0	7,0–14,0	5,0–16,0	0,181
E _{mitr} /Av. e'	8,32 ± 2,61	7,65	6,40–9,50	4,30–13,80	7,07 ± 2,05	6,80	5,60–8,50	4,10–11,20	0,195
IVRT, мс	107,9 ± 17,7	103,50	97,0–122,0	67,0–165,0	98,7 ± 19,8	95,0	86,0–114,0	48,0–130,0	0,219
DT, мс	198,9 ± 33,0	201,0	182,0–231,0	110,0–246,0	190,0 ± 27,6	195,0	181,5–205,0	132,0–225,0	0,410
VTI S PV, см	14,9 ± 2,95	14,4	12,4–17,8	8,6–19,5	14,6 ± 2,8	15,75	13,6–16,3	9,3–16,7	0,968
VTI D PV, см	9,2 ± 2,8	9,0	7,4–11,1	4,2–16,3	8,85 ± 1,5	8,8	7,7–9,8	6,9–11,1	0,910
SFF, %	58,5 ± 18,3	62,2	56,1–67,4	45,0–79,5	61,9 ± 4,3	61,0	58,0–66,0	57,4–68,0	0,968
GLS, %	-15,6 ± 3,7	-16,7	-18,1–-12,7	-24,5–-12,1	-18,4 ± 3,1	-18,6	-20,1–-16,8	-23,9–-14,9	0,037
Twist, °	9,08 ± 4,59	9,10	6,00–11,10	4,30–20,40	13,96 ± 4,61	12,50	9,80–17,10	7,40–22,10	0,016
СДЛА, мм рт. ст.	30,0 ± 5,0	29,0	27,0–32,8	26,0–35,0	27,1 ± 3,4	27,5	25,0–28,0	23,0–30,0	0,103

Примечание: ЧСС – частота сердечных сокращений, КДО – конечный диастолический объем, КСО – конечный систолический объем, ФВ – фракция выброса, IS – индекс сферичности ЛЖ, ММЛЖ – масса миокарда ЛЖ, E_{mitr} – скорость раннего трансмитрального наполнения, E_{mitr}/A_{mitr} – отношение скорости раннего трансмитрального наполнения к скорости наполнения к систолу предсердий, Av. e' – усредненная скорость движения базального сегмента боковой стенки и межжелудочковой перегородки в период раннего наполнения ЛЖ, E_{mitr}/Av. e' – отношение скорости раннего трансмитрального наполнения к усредненной скорости движения базального сегмента боковой стенки и межжелудочковой перегородки в период раннего наполнения ЛЖ, IVRT – время извольюмического расслабления ЛЖ, DT – время замедления потока раннего трансмитрального наполнения, VTI S PV – скоростно-временной интеграл систолического потока легочных вен, VTI D PV – скоростно-временной интеграл диастолического потока легочных вен, SEF – систолическая фракция наполнения левого предсердия, GLS – глобальная продольная деформация ЛЖ, СДЛА – систолическое давление в легочной артерии. Жирным шрифтом показаны достоверные различия.

Таблица 2. Гемодинамические показатели при выполнении стресс-нагрузки у пациентов с идиопатической блокадой левой ножки пучка Гиса и в контрольной группе

Параметры	Идиопатическая блокада левой ножки пучка Гиса (n = 34)				Контрольная группа (n = 18)				P при сравнении двух групп
	M ± σ	Медиана	25–75-й процентили	Минимальное и максимальное значения	M ± σ	Медиана	25–75-й процентили	Минимальное и максимальное значения	
ЧСС, уд/мин	108,9 ± 15,5	108,5	94,0–121,0	86,0–144,0	113,7 ± 15,6	110,0	101,0–122,0	95,0–140,0	0,379
Нагрузка, Вт	70,0 ± 28,8	75,0	50,0–75,0	25,0–100,0	105,5 ± 30,1	100,0	100,0–125,0	50,0–150,0	0,007
КДО, мл	105,2 ± 34,8	104,0	76,0–124,0	63,0–158,0	91,4 ± 36,9	86,0	67,0–128,0	55,0–163,0	0,679
КСО, мл	40,3 ± 19,5	33,0	26,0–52,0	21,0–96,0	28,9 ± 15,4	30,0	17,0–34,0	12,0–66,0	0,235
ФВ, %	64,1 ± 10,2	64,0	58,0–75,0	49,0–77,0	68,5 ± 9,9	71,0	59,0–75,0	56,0–77,0	0,503
E _{mitr} , см/с	68,7 ± 21,5	67,0	50,5–78,0	37,0–127,0	76,1 ± 19,0	70,0	66,0–91,0	48,0–108,0	0,147
E _{mitr} /A _{mitr}	0,74 ± 0,20	0,70	0,59–0,89	0,46–1,64	0,98 ± 0,30	1,00	0,72–1,23	0,59–1,42	0,033
Av. e'	9,4 ± 4,0	9,0	6,8–11,5	3,0–18,0	12,7 ± 3,5	11,8	11,0–13,5	8,0–20,0	0,013
E _{mitr} /Av. e'	8,31 ± 3,78	7,05	5,40–10,05	3,40–17,50	6,11 ± 1,15	6,15	5,40–7,00	4,00–7,80	0,211
IVRT, мс	89,3 ± 19,6	91,0	70,5–103,5	48,0–130,0	67,5 ± 14,2	67,5	61,0–70,0	40,0–96,0	0,004
DT, мс	193,2 ± 41,5	190,0	158,0–225,0	120,0–280,0	187,4 ± 61,1	175,0	150,0–200,0	109,0–330,0	0,653
VTIS PV, см	13,2 ± 4,4	13,9	10,9–15,3	5,3–19,5	17,2 ± 5,1	17,2	13,0–21,2	11,4–22,7	0,177
VTID PV, см	9,1 ± 2,706	9,5	7,2–11,3	4,0–12,7	9,1 ± 1,5	9,1	8,1–10,1	7,3–10,9	0,571
SFF, %	58,1 ± 5,3	57,0	55,0–62,0	53,0–69,0	64,5 ± 4,5	63,0	61,5–67,5	61,0–71,0	0,026
GLS, %	-16,6 ± 4,2	-17,2	-19,7–-14,8	-22,5–-10,2	-18,6 ± 6,0	-19,6	-22,7–-14,7	-27,8–-13,8	0,241
Twist, °	6,82 ± 6,26	4,70	1,10–12,80	0,50–15,10	18,61 ± 6,90	17,60	14,20–19,40	11,20–29,30	0,000
СДЛЖ, мм рт. ст.	41,6 ± 8,5	40,0	35,0–50,0	29,0–55,0	32,4 ± 3,8	32,0	30,5–33,5	27,0–40,0	0,020

Обозначения как в табл. 1.



Пример оценки диастолической функции ЛЖ в покое (а, б) и после выполнении нагрузочной пробы (в, г) у пациентки Ч., 66 лет, с идиопатической блокадой левой ножки пучка Гиса. а, в – трансмитральный диастолический поток. б, г – тканевая импульсноволновая доплерография от бокового базального сегмента. а, б – исходные данные. ЧСС – 60 уд/мин. I тип диастолической дисфункции. E_{mitr} – 59 см/с, $Av. e'$ – 8 см/с, $E_{mitr}/Av. e'$ – 7,4. ФВ ЛЖ – 54%. СДЛА – 28 мм рт. ст. в, г – после физической нагрузки. Выполненная нагрузка – 50 Вт, достигнутая ЧСС – 94 уд/мин, проба прекращена из-за одышки. E_{mitr} – 81 см/с, $Av. e'$ – 7 см/с, $E_{mitr}/Av. e'$ – 11,6. ФВ ЛЖ – 50%. СДЛА – 45 мм рт. ст. II тип диастолической дисфункции (как в представленном примере после нагрузки) может быть замаскирован в результате увеличения амплитуды пика A_{mitr} по причине слияния с пиком E_{mitr} [8]. Если пик A_{mitr} появляется, когда скорость пика E_{mitr} превышает 20 см/с, это может приводить к неправильному выводу о наличии диастолической дисфункции по I типу, тогда как имеется диастолическая дисфункция по II типу [8], на что указывает увеличение отношения $E_{mitr}/Av. e'$ (11,6 в нашем примере).

Как известно, при физической нагрузке у здоровых лиц отношение $E_{mitr}/Av. e'$ не меняется прежде всего за счет прироста усредненной скорости движения базального сегмента боковой стенки и межжелудочковой перегородки в период раннего наполнения ЛЖ ($Av. e'$). Отличительной же чертой высокого давления наполнения ЛЖ является увеличение отношения $E_{mitr}/Av. e'$ [15, 16]. Несмотря на то что отношение $E_{mitr}/Av. e'$ в изучаемых группах при выполнении нагрузки значимо не различалось, наблюдались достоверные различия в усредненной скорости движения базального сегмента боковой стенки и межжелудоч-

ковой перегородки в период раннего наполнения ЛЖ ($Av. e'$), указывающие на существенно меньший прирост в группе с идиопатической блокадой левой ножки пучка Гиса. Кроме того, в этой группе были зафиксированы значимо меньшие значения систолической фракции наполнения левого предсердия (SFF). Возможно, описанные изменения в вышеуказанных показателях косвенным образом указывают на увеличение давления наполнения в ЛЖ при идиопатической блокаде левой ножки пучка Гиса. Конечным же результатом нарушений скручивания ЛЖ и признаков диастолической дисфункции были достоверно более низкий объем выпол-

ненной работы (нагрузка) и достоверно более высокие значения СДЛА.

ВЫВОДЫ

1) В группе с идиопатической блокадой левой ножки пучка Гиса в покое по сравнению с контролем наблюдались более низкие значения глобальной продольной деформации (GLS) ($-15,6 \pm 3,7$ и $-18,4 \pm 3,1\%$, $P = 0,037$) и скручивания (twist) ЛЖ ($9,08 \pm 4,59$ и $13,96 \pm 4,61^\circ$, $P = 0,016$), тогда как различия по показателям диастолической функции отсутствовали.

2) После проведения нагрузочной пробы в группе с идиопатической блокадой левой ножки пучка Гиса по сравнению с контролем наблюдались меньшие значения отношения раннего трансмитрального наполнения к скорости наполнения в систолу предсердий (E_{mitr}/A_{mitr}) ($0,74 \pm 0,20$ и $0,98 \pm 0,30$, $P = 0,033$) и усредненной скорости движения базального сегмента боковой стенки и межжелудочковой перегородки в период раннего наполнения ЛЖ (согласно тканевой доплерографии) ($Av. e'$) ($9,4 \pm 4,0$ и $12,7 \pm 3,5$ см/с, $P = 0,013$); большее время изоволюмического расслабления (IVRT) ($89,3 \pm 19,6$ и $67,5 \pm 14,2$ мс, $P = 0,004$); меньшие значения систолической фракции наполнения левого предсердия (SFF) ($58,1 \pm 5,3$ и $64,5 \pm 4,5\%$, $P = 0,026$).

3) Описанные различия диастолической функции ЛЖ при проведении нагрузочной пробы в группе с идиопатической блокадой левой ножки пучка Гиса по сравнению с контролем были получены на фоне сохраняющихся различий в скручивании (twist) ЛЖ ($6,82 \pm 6,26$ и $18,61 \pm 6,90$, $P = 0,000$). Однако значения глобальной продольной деформации (GLS) достоверно не различались, тогда как появились достоверные различия значений систолического давления в легочной артерии (СДЛА) ($41,6 \pm 8,5$ и $32,4 \pm 3,8$ мм рт. ст., $P = 0,020$).

4) Идиопатическое нарушение внутрижелудочкового проведения по левой ножке пучка Гиса при сохраненной сократительной способности ЛЖ во время физической нагрузки сопровождается признаками нарушения диастолической функции. Возможной причиной подобных изменений является нарушение процесса скручивания, связанного с аномальным ходом возбуждения ЛЖ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sengupta P.P., Tajik A.J., Chandrasekaran K., Khandheria B.K. Twist mechanics of the left ventricle: principles and applications // *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2008. V. 1. No. 3. P. 366–376. Doi: 10.1016/j.jcmg.2008.02.006.
2. Neilan T., Ton-Nu T., Jassal D., Popovic Z., Douglas P., Halpern E., Marshall J.E., Thomas J.D., Picard M.H., Yoerger D.M., Wood M.J. Myocardial adaptation to short-term high-intensity exercise in highly trained athletes // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2006. V. 19. No. 10. P. 1280–1285.
3. Bertini M., Sengupta P.P., Nucifora G., Delgado V., Ng A.C., Marsan N.A., Shanks M., van Bommel R.J., Schali J.M., Narula J., Bax J.J. Role of left ventricular twist mechanics in the assessment of cardiac dyssynchrony in heart failure // *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2009. V. 2. No. 12. P. 1425–1435. Doi: 10.1016/j.jcmg.2009.09.013.
4. Павлюкова Е.Н., Кужель Д.А., Матюшин Г.В., Лыткина В.С. Блокада левой ножки пучка Гиса и скручивание левого желудочка при низкой фракции выброса // *Клиническая медицина*. 2015. Т. 93. № 11. С. 15–21.
5. Matsumoto K., Tanaka H., Tatsumi K., Miyoshi T., Hiraishi M., Kaneko A., Tsuji T., Ryo K., Fukuda Y., Yoshida A., Kawai H., Hirata K. Left ventricular dyssynchrony using three-dimensional speckle-tracking imaging as a determinant of torsional mechanics in patients with idiopathic dilated cardiomyopathy // *Am. J. Cardiol.* 2012. V. 109. No. 8. P. 1197–1205. Doi: 10.1016/j.amjcard.2011.11.059.
6. Helle-Valle T., Crosby J., Edvardsen T., Lyseggen E., Amundsen B.H., Smith H.J., Rosen B.D., Lima J.A., Torp H., Ihlen H., Smiseth O.A. New noninvasive method for assessment of left ventricular rotation: speckle tracking echocardiography // *Circulation*. 2005. V. 112. No. 20. P. 3149–3156.
7. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., Afilalo J., Armstrong A., Ernande L., Flachskampf F.A., Foster E., Goldstein S.A., Kuznetsova T., Lancellotti P., Muraru D., Picard M.H., Rietzschel E.R., Rudski L., Spencer K.T., Tsang W., Voigt J.U. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2015. V. 28. No. 1. P. 1–39. Doi: 10.1016/j.echo.2014.10.003.
8. Nagueh S.F., Smiseth O.A., Appleton C.P., Byrd B.F. 3rd, Dokainish H., Edvardsen T., Flachskampf F.A., Gillebert T.C., Klein A.L., Lancellotti P., Marino P., Oh J.K., Popescu B.A., Waggoner A.D. 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 // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2016. V. 29. No. 4. P. 277–314. Doi: 10.1016/j.echo.2016.01.011.
9. Fletcher G.F., Balady G.J., Amsterdam E.A., Chaitman B., Eckel R., Fleg J., Froelicher V.F., Leon A.S., Pina I.L., Rodney R., Simons-Morton D.A., Williams M.A., Bazzarre T. Exercise

- standards for testing and training: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association // *Circulation*. 2001. V. 104. No. 14. P. 1694–1740.
10. Sicari R., Nihoyannopoulos P., Evangelista A., Kasprzak J., Lancellotti P., Poldermans D., Voigt J.U., Zamorano J.L., European Association of Echocardiography. Stress Echocardiography Expert Consensus Statement – Executive Summary: European Association of Echocardiography (EAE) (a registered branch of the ESC) // *Eur. Heart J.* 2009. V. 30. No. 3. P. 278–289. Doi: 10.1093/eurheartj/ehn492.
 11. Notomi Y., Martin-Miklovic M.G., Oryszak S.J., Shiota T., Deserranno D., Popovic Z.B., Garcia M.J., Greenberg N.L., Thomas J.D. Enhanced ventricular untwisting during exercise: a mechanistic manifestation of elastic recoil described by Doppler tissue imaging // *Circulation*. 2006. V. 113. No. 21. P. 2524–2533.
 12. Tan Y.T., Wenzelburger F., Lee E., Heatlie G., Leyva F., Patel K., Frenneaux M., Sanderson J.E. The pathophysiology of heart failure with normal ejection fraction: exercise echocardiography reveals complex abnormalities of both systolic and diastolic ventricular function involving torsion, untwist, and longitudinal motion // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2009. V. 54. No. 1. P. 36–46. Doi: 10.1016/j.jacc.2009.03.037.
 13. Pacileo G., Baldini L., Limongelli G., Di Salvo G., Iacomino M., Capogrosso C., Rea A., D’Andrea A., Russo M.G., Calabro R. Prolonged left ventricular twist in cardiomyopathies: a potential link between systolic and diastolic dysfunction // *Eur. J. Echocardiogr.* 2011. V. 12. No. 11. P. 841–849. Doi: 10.1093/ejehocardi/jer148.
 14. Owan T.E., Hodge D.O., Herges R.M., Jacobsen S.J., Roger V.L., Redfield M.M. Trends in prevalence and outcome of heart failure with preserved ejection fraction // *N. Engl. J. Med.* 2006. V. 355. No. 3. P. 251–259.
 15. Алехин М.Н. Тканевой доплер в клинической эхокардиографии. М., 2006. 104 с.
 16. Penicka M., Vanderheyden M., Bartunek J. Diagnosis of heart failure with preserved ejection fraction: role of clinical Doppler echocardiography // *Heart*. 2014. V. 100. No. 1. P. 68–76. Doi: 10.1136/heartjnl-2011-301321.
 17. tricular twist mechanics in the assessment of cardiac dyssynchrony in heart failure // *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2009. V. 2. No. 12. P. 1425–1435. Doi: 10.1016/j.jcmg.2009.09.013.
 4. Pavlyukova E.N., Kuzhel D.A., Matyushin G.V., Lytkina V.S. Left His bundle branch block associated with left ventricular torsion and reduced ejection fraction // *Clinical Medicine*. 2015. V. 93. No. 11. P. 15–21. (Article in Russian)
 5. Matsumoto K., Tanaka H., Tatsumi K., Miyoshi T., Hiraishi M., Kaneko A., Tsuji T., Ryo K., Fukuda Y., Yoshida A., Kawai H., Hirata K. Left ventricular dyssynchrony using three-dimensional speckle-tracking imaging as a determinant of torsional mechanics in patients with idiopathic dilated cardiomyopathy // *Am. J. Cardiol.* 2012. V. 109. No. 8. P. 1197–1205. Doi: 10.1016/j.amjcard.2011.11.059.
 6. Helle-Valle T., Crosby J., Edvardsen T., Lyseggen E., Amundsen B.H., Smith H.J., Rosen B.D., Lima J.A., Torp H., Ihlen H., Smiseth O.A. New noninvasive method for assessment of left ventricular rotation: speckle tracking echocardiography // *Circulation*. 2005. V. 112. No. 20. P. 3149–3156.
 7. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., Afilalo J., Armstrong A., Ernande L., Flachskampf F.A., Foster E., Goldstein S.A., Kuznetsova T., Lancellotti P., Muraru D., Picard M.H., Rietzschel E.R., Rudski L., Spencer K.T., Tsang W., Voigt J.U. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2015. V. 28. No. 1. P. 1–39. Doi: 10.1016/j.echo.2014.10.003.
 8. Nagueh S.F., Smiseth O.A., Appleton C.P., Byrd B.F. 3rd, Dokainish H., Edvardsen T., Flachskampf F.A., Gillebert T.C., Klein A.L., Lancellotti P., Marino P., Oh J.K., Popescu B.A., Waggoner A.D. 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 // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2016. V. 29. No. 4. P. 277–314. Doi: 10.1016/j.echo.2016.01.011.
 9. Fletcher G.F., Balady G.J., Amsterdam E.A., Chaitman B., Eckel R., Fleg J., Froelicher V.F., Leon A.S., Pina I.L., Rodney R., Simons-Morton D.A., Williams M.A., Bazzarre T. Exercise standards for testing and training: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association // *Circulation*. 2001. V. 104. No. 14. P. 1694–1740.
 10. Sicari R., Nihoyannopoulos P., Evangelista A., Kasprzak J., Lancellotti P., Poldermans D., Voigt J.U., Zamorano J.L., European Association of Echocardiography. Stress Echocardiography Expert Consensus Statement – Executive Summary: European Association of Echocardiography (EAE) (a registered branch of the ESC) // *Eur. Heart J.* 2009. V. 30. No. 3. P. 278–289. Doi: 10.1093/eurheartj/ehn492.
 11. Notomi Y., Martin-Miklovic M.G., Oryszak S.J., Shiota T., Deserranno D., Popovic Z.B., Garcia M.J.,

REFERENCES

1. Sengupta P.P., Tajik A.J., Chandrasekaran K., Khandheria B.K. Twist mechanics of the left ventricle: principles and applications // *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2008. V. 1. No. 3. P. 366–376. Doi: 10.1016/j.jcmg.2008.02.006.
2. Neilan T., Ton-Nu T., Jassal D., Popovic Z., Douglas P., Halpern E., Marshall J.E., Thomas J.D., Picard M.H., Yoerger D.M., Wood M.J. Myocardial adaptation to short-term high-intensity exercise in highly trained athletes // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2006. V. 19. No. 10. P. 1280–1285.
3. Bertini M., Sengupta P.P., Nucifora G., Delgado V., Ng A.C., Marsan N.A., Shanks M., van Bommel R.J., Schaliq M.J., Narula J., Bax J.J. Role of left ven-

- Greenberg N.L., Thomas J.D. Enhanced ventricular untwisting during exercise: a mechanistic manifestation of elastic recoil described by Doppler tissue imaging // *Circulation*. 2006. V. 113. No. 21. P. 2524–2533.
12. Tan Y.T., Wenzelburger F., Lee E., Heatlie G., Leyva F., Patel K., Frenneaux M., Sanderson J.E. The pathophysiology of heart failure with normal ejection fraction: exercise echocardiography reveals complex abnormalities of both systolic and diastolic ventricular function involving torsion, untwist, and longitudinal motion // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2009. V. 54. No. 1. P. 36–46. Doi: 10.1016/j.jacc.2009.03.037.
13. Pacileo G., Baldini L., Limongelli G., Di Salvo G., Iacomino M., Capogrosso C., Rea A., D'Andrea A., Russo M.G., Calabro R. Prolonged left ventricular twist in cardiomyopathies: a potential link between systolic and diastolic dysfunction // *Eur. J. Echocardiogr.* 2011. V. 12. No. 11. P. 841–849. Doi: 10.1093/ejehocard/er148.
14. Owan T.E., Hodge D.O., Herges R.M., Jacobsen S.J., Roger V.L., Redfield M.M. Trends in prevalence and outcome of heart failure with preserved ejection fraction // *N. Engl. J. Med.* 2006. V. 355. No. 3. P. 251–259.
15. Alekhin M.N. *Tissue Doppler in Clinical Echocardiography*. Moscow, 2006. 104 p. (Book in Russian)
16. Penicka M., Vanderheyden M., Bartunek J. Diagnosis of heart failure with preserved ejection fraction: role of clinical Doppler echocardiography // *Heart*. 2014. V. 100. No. 1. P. 68–76. Doi: 10.1136/heartjnl-2011-301321.

Exercise echocardiography in left ventricular diastolic function assessment in patients with idiopathic left bundle branch block

E.N. Pavlyukova¹, D.A. Kuzhel^{2,3}

¹ *Cardiology Research Institute, Tomsk*

² *Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V.F. Voyno-Yasenetsky, Krasnoyarsk*

³ *Krasnoyarsk Regional Hospital No. 2, Krasnoyarsk*

E.N. Pavlyukova – M.D., Ph.D., Professor, Leading Researcher, Department of Atherosclerosis and Coronary Artery Disease, Cardiology Research Institute, Tomsk. D.A. Kuzhel – M.D., Ph.D., Associate Professor, Division of Cardiology and Functional Diagnostic, Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V.F. Voyno-Yasenetsky; Head of Functional Diagnostics Department, Krasnoyarsk Regional Hospital No. 2, Krasnoyarsk.

34 patients (29–81 years old) with idiopathic left bundle branch block were examined. Mean QRS duration was 153.1 ± 24.5 ms ($M \pm \sigma$). The control group included 18 patients aged from 38 to 80 years old. Echocardiography with left ventricle diastolic function and global longitudinal strain assessment at rest and after exercise stress test were performed to all patients. At rest in the group with idiopathic left bundle branch block, in compare with the control group, lower values of global longitudinal strain (-15.6 ± 3.7 and $-18.4 \pm 3.1\%$, $P = 0.037$) and left ventricle twist (9.08 ± 4.59 and $13.96 \pm 4.61^\circ$, $P = 0.016$) were observed, whereas significant differences in diastolic function parameters were absent. After exercise stress test in the group with idiopathic left bundle branch block, compared with the control group, lower values of E_{mitr}/A_{mitr} (0.74 ± 0.20 and 0.98 ± 0.30 , $P = 0.033$) and average e' (9.4 ± 4.0 and 12.7 ± 3.5 cm/s, $P = 0.013$); longer isovolumetric relaxation time (89.3 ± 19.6 and 67.5 ± 14.2 ms, $P = 0.004$); lower values of left atrium systolic filling fraction (58.1 ± 5.3 and $64.5 \pm 4.5\%$, $P = 0.026$); lower values of left ventricle twist (6.82 ± 6.26 and 18.61 ± 6.90 , $P = 0.000$); higher values of pulmonary artery systolic pressure (41.6 ± 8.5 and 32.4 ± 3.8 mm Hg, $P = 0.020$) were observed. No significant differences were found between two groups in global longitudinal strain after exercise stress test.

Key words: *echocardiography, left ventricular diastolic function, left ventricular diastolic dysfunction, complete left bundle branch block, global longitudinal strain, twist.*