

## **Сравнительная характеристика доплерографических исследований в оценке диастолической функции у больных бронхиальной астмой**

Военно-медицинская академия, Санкт-Петербург

*V.L. Baranov, M.A. Kharitonov, M.I. Khrustaleva*

## **Comparative characterization of Doppler echocardiography for detection of diastolic function in asthma patients**

### **Summary**

Diastolic dysfunction of both right and left heart could not be diagnosed using usual Doppler echocardiography in early-stage bronchial asthma. Recently a new more sensitive method of tissue Doppler echocardiography is available which allows detection of right and left heart diastolic dysfunction in mild asthma patients whereas spectral Doppler echocardiography reveals these disorders in moderate and severe asthma.

### **Резюме**

У больных бронхиальной астмой (БА) различной степени тяжести достаточно часто имеет место диастолическая дисфункция как правых, так и левых отделов сердца, которая на ранних стадиях не диагностируется с помощью обычной доплерографии. В настоящее время появился новый, более чувствительный, метод, позволяющий решить эту проблему, — тканевая доплерография. Эта методика позволяет диагностировать диастолическую дисфункцию правого и левого желудочков уже при легкой степени БА, в то время как спектральная доплерография выявляет данные нарушения у пациентов со среднетяжелой и тяжелой формами заболевания.

Бронхиальная астма (БА) является одним из распространенных заболеваний. Она может возникнуть как в раннем детстве, так и в любом другом периоде жизни. Научные прогнозы относительно дальнейшего ее распространения нельзя считать оптимистичными. Данные, полученные во многих странах мира, свидетельствуют, что распространенность заболевания составляет от 7,2 % населения в Бельгии до 12,2 % в Новой Зеландии и 16,3 % в Австралии [1]. За последние 20–30 лет заболеваемость БА значительно возросла, особенно среди детей и молодежи, а также увеличилась доля пациентов с тяжелым течением БА — 25–30 %. Это происходит, несмотря на то, что в последнем десятилетии появилось много новых и весьма эффективных лекарственных препаратов, позволяющих удерживать стойкую ремиссию заболевания. За последние 25 лет число больных, имеющих симптомы БА, увеличилось в 2 раза [2]. Наблюдения показали, что БА нередко диагностируется на поздних стадиях, несмотря на относительно короткие сроки заболевания. При первичной медико-социальной экспертизе в большинстве случаев в связи с выраженностью патологических изменений выявляются признаки 2-й группы инвалидности, и большинство пациентов признается нетрудоспособными уже в первые 3 года от начала БА.

Заболевания органов дыхания всегда, в большей или меньшей степени, сопровождаются нарушениями гемодинамики малого круга кровообращения, которые определяют не только клиническое течение заболевания, но и его прогноз. Поэтому ранняя

диагностика нарушений гемодинамики имеет большое практическое значение. Благодаря разработанным в последние 20 лет новым методам исследования в изучении закономерностей легочной гемодинамики удалось достичь определенных успехов в более ранней диагностике нарушений кровообращения. Особый вклад в изучение кровообращения, структуры и функции сердца у пульмонологических больных вносит применение доплерэхокардиографии [3].

В современной литературе достаточно подробно освещены результаты многочисленных исследований, которые выявляют изменения кардиогемодинамики и кровообращения в большом круге у больных БА [4–6]. Тесная анатомическая и функциональная взаимосвязь систем кровообращения и дыхания обуславливают нарушение функционального состояния одной из них уже на самых ранних стадиях поражения другой. Начальные признаки легочно-сердечной недостаточности не могут быть установлены только на основании клинической симптоматики, поэтому большое значение приобретают специальные инструментальные методы, позволяющие как можно раньше диагностировать и корректировать осложнения как со стороны дыхательной, так и со стороны сердечно-сосудистой системы [7–9]. До настоящего времени мало изучены возможности доплерэхокардиографического исследования сердца с применением тканевого доплера.

Целью данной работы явилась сравнительная оценка спектральной и тканевой доплерографии в изучении диастолической функции сердца у больных БА.

## Материалы и методы

Обследованы 97 пациентов обоего пола, средний возраст которых составил  $50,3 \pm 6,3$  года, страдающих БА и проходивших лечение и обследование в 1-й клинике (терапии усовершенствования врачей) ВМедА (Санкт-Петербург) за период 2003–2005 гг. Особенностью отбора больных было отсутствие у них сопутствующей кардиальной патологии (ишемической болезни сердца, гипертонической болезни и др.). При этом гипертрофия правого желудочка отмечалась у 52 % пациентов с тяжелой степенью БА и стажем болезни > 13 лет, что свидетельствовало о формировании у них хронического легочного сердца. Длительность заболевания БА колебалась от 2 до 15 лет.

В зависимости от степени тяжести заболевания были выделены 3 группы обследуемых, сопоставимых по полу и возрасту, в соответствии с "Руководством для врачей по диагностике, лечению и профилактике БА" [2], созданным с учетом международных согласительных документов. В 1-ю группу вошли 16 человек с БА легкой степени, во 2-ю – 62 больных БА средней степени тяжести, в 3-ю – 19 пациентов с БА тяжелой степени. Легкая степень БА диагностировалась на основании наличия приступов удушья, которые возникали более 1 раза в неделю, но не более 1 раза в день. При этом приступы удушья в ночное время происходили чаще 2 раз в месяц, ОФВ<sub>1</sub> (объем форсированного выдоха за 1-ю с) составлял > 80 %<sub>долж.</sub>, суточные колебания ОФВ<sub>1</sub> находились в пределах 20–30 %. О средней степени тяжести БА свидетельствовали ежедневные приступы удушья, в ночное время возникающие чаще 1 раза в неделю. При этом требовался ежедневный прием  $\beta_2$ -агонистов короткого действия, ОФВ<sub>1</sub> составлял 60–80 %<sub>долж.</sub>, а его суточные колебания – > 30 %. Тяжелую степень БА верифицировали на основании постоянных приступов удушья в течение дня, особенно в ночное время, при этом ОФВ<sub>1</sub> был < 60 %<sub>долж.</sub>, суточные колебания ОФВ<sub>1</sub> – 20–30 %.

Было проведено эхокардиографическое обследование всех больных. Исследования проводили по стандартным методикам в режиме одномерного (М-ЭхоКГ) сканирования на приборе ACUSON (США) с использованием механического датчика с углом сканирования 86° (частота ультразвука – 3,5 МГц, максимальная глубина локации – 21 см, 256 ультразвуковых линий в кадре).

С помощью метода спектральной доплерографии в импульсно-волновом режиме оценивали диастолическую функцию левого и правого желудочков (ЛЖ и ПЖ). Кровоток через митральный клапан в диастолу (ТМК) изучался при локации из апикального доступа в четырехкамерной позиции. Контрольный объем в полости ЛЖ устанавливался непосредственно над местом смыкания створок митрального клапана для получения максимальной амплитуды пиковой скорости раннего наполнения ЛЖ. При этом косинус угла между направлением ТМК и ультразвуковым импульсом был близок к 1.

Кровоток через трикуспидальный клапан в диастолу (ТТК) исследовали при локации из парастернального доступа на уровне аортального клапана и из апикального доступа в четырехкамерной позиции. Контрольный объем в полости ПЖ устанавливался между створками трикуспидального клапана.

По кривой диастолического ТМК и ТТК определяли следующие показатели: максимальная скорость потока раннего диастолического наполнения ( $V_e$ , см/с), максимальная скорость потока позднего диастолического наполнения ( $V_a$ , см/с) и их отношение ( $V_e / V_a$ ).

При доплерэхокардиографическом исследовании кривой потока в легочных венах плоскость сечения датчика выбиралась таким образом, чтобы на экране были видны митральный и трикуспидальный клапаны, использовалась четырехкамерная позиция. Контрольный объем устанавливался в устье правой легочной вены. Регистрировались следующие элементы кривой потока: максимальная амплитуда систолического пика (S), максимальная амплитуда диастолического пика (D) и их отношение (S / D).

В основе метода тканевой доплерографии лежит оценка доплеровского сдвига частот от движущейся ткани. Физические основы подобны основам обычного импульсного доплеровского изображения. Все теоретические рассуждения основаны на анализе доплеровского сдвига, оценке амплитуды отраженного эха, рассеянии, эффекте угла падения луча и т. п. Однако доплеровский сигнал от движущейся стенки желудочка отличается от сигнала кровотока в 2 важных аспектах:

- скорость движения стенок желудочка и клапанов – порядка  $\leq 10$  см / с, а скорость кровотока в полости желудочка – > 10 см/с;
- амплитуда доплеровского сигнала от движущейся ткани сердца существенно выше (около 40 децибел), что приблизительно в 100 раз больше, чем сигнал от кровотока.

Поэтому в обычных цветовых доплеровских системах сигналы от сердечных стенок или от движения клапанов удаляются при помощи фильтра с полосой пропускания высоких частот. При использовании тканевого доплера низкоамплитудный сигнал от кровотока удаляется регулировкой усиления, чтобы оставить только высокоамплитудные сигналы от движущейся стенки желудочка. Далее анализируется доплеровский сигнал от движущейся стенки, кодируется скорость цветом, что используется в обычных системах цветового доплеровского картирования потоков крови, и накладывается на двумерное изображение, позволяя вывести и количественные значения скоростей. Таким образом, метод дает возможность оценить как морфологию ткани, так и ее движение в реальном времени или на статичной картинке. В отличие от обычной двумерной эхокардиографии изображение, полученное с помощью тканевой доплерографии, зависит не только от факторов, влияющих на амплитуду эхосигнала (отражение, поглощение, усиление сигнала, компенсация по глубине и др.), но и от факторов,

влияющих на частотные характеристики доплеровского сигнала (частота посылаемого сигнала, частота посылки импульсов, угол между направлением движущегося миокарда и направлением луча).

В апикальной четырехкамерной позиции исследовалась скорость движения кольца митрального клапана со стороны боковой стенки ЛЖ и скорость движения кольца трикуспидального клапана со стороны ПЖ, при которой оценивались продольная систолическая и диастолическая функции ЛЖ и ПЖ путем анализа движения митрального и трикуспидального колец. По кривой диастолического ТМК и ТТК определяли следующие показатели:  $V_e$ ,  $V_a$  и  $V_e / V_a$ , что позволяет провести корректное сравнение методик.

## Результаты и обсуждение

Показатели, характеризующие диастолическую функцию ЛЖ и ПЖ, скоростные потоки в легочных венах, определяемые методом спектральной доплерографии, представлены в табл. 1.

При оценке диастолической функции ЛЖ у больных БА легкой степени тяжести показатели, отражающие ТМК, не имели статистически достоверных различий с контрольной группой. У пациентов с БА средней степени значения  $V_e$  достоверно не отличались от контрольной группы,  $V_a$  имел статистически достоверные различия с контрольной группой ( $p < 0,05$ ). Отношение  $V_e / V_a$  оказались достоверно ниже, чем у здоровых лиц ( $p < 0,05$ ). Среди больных БА тяжелой степени отмечалось статистически достоверное снижение показателей  $V_e$  и  $V_a$  в сравнении с группой контроля ( $p < 0,05$ ). Отношения данных величин имели статистически значимые различия как со здоровыми лицами ( $p < 0,01$ ), так и с группой больных БА легкой степени ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, значение  $V_e$  незначительно снижалось при нарастании степени тяжести заболевания, что, возможно, свидетельствует о нарушении процессов релаксации ЛЖ. Величина  $V_a$  возрастала

прямо пропорционально степени тяжести БА, что связано с увеличением гемодинамической значимости систолы предсердий в наполнении ЛЖ. Снижение кровотока в ранней фазе диастолического наполнения и компенсаторное его увеличение во время систолы левого предсердия привело к усугублению диастолической дисфункции по мере нарастания тяжести заболевания. Следовательно, при оценке скоростей потоков раннего и позднего диастолического наполнения у больных БА диастолическую дисфункцию левых отделов удается выявить начиная со средней степени тяжести БА.

При оценке диастолической функции ПЖ у больных БА легкой степени показатели ТТК ( $V_e$ ,  $V_a$ ) и показатель их отношения достоверно не отличались от здоровых лиц. В группе больных БА средней степени тяжести значения  $V_e$  и  $V_a$  имели статистически достоверные различия ( $p < 0,05$ ) с контрольной группой. Также достоверные различия прослеживались при сравнении отношения  $V_e / V_a$  с группой контроля ( $p < 0,01$ ). При оценке транстрикуспидальных потоков среди больных БА тяжелой степени были выявлены различия с контрольной группой ( $p < 0,05$ ), а также при сравнении  $V_e / V_a$  у здоровых лиц ( $p < 0,01$ ) и пациентов с легкой степенью БА ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, значение  $V_e$  снижалось при увеличении степени тяжести заболевания. Показатели  $V_a$  повышались по мере возрастания степени тяжести БА. Показатель  $V_e / V_a$  имел тенденцию к снижению при утяжелении БА. Можно сказать, что методика спектральной доплерографии позволяет выявлять тенденции в нарушении диастолической функции правых отделов, с увеличением степени тяжести заболевания, начиная со средней степени БА.

Оценка показателей скорости кровотока в легочных венах косвенно отражает диастолическую функцию левых отделов сердца. При анализе их у больных БА легкой степени установлено, что показатели систолического и диастолического антеградного кровотока и их соотношение  $S / D$  достоверно не от-

**Таблица 1**  
**Результаты скоростных потоков на митральном, трикуспидальном клапанах и легочных венах, исследуемых с помощью спектральной доплерографии, у больных БА различной степени тяжести**

Скорость потока, м/с	Группа контроля (n = 13)	БА легкой степени (n = 16)	БА средней степени (n = 62)	БА тяжелой степени (n = 19)
<b>Митральный клапан</b>				
$V_e$	0,90 ± 0,05	0,83 ± 0,04	0,80 ± 0,02	0,70 ± 0,06*
$V_a$	0,60 ± 0,03	0,70 ± 0,10	0,80 ± 0,02*	0,80 ± 0,05*
$V_e / V_a$	1,50 ± 0,07	1,10 ± 0,10	1,00 ± 0,03*	0,90 ± 0,1**,#
<b>Трикуспидальный клапан</b>				
$V_e$	0,68 ± 0,05	0,60 ± 0,04	0,55 ± 0,01*	0,50 ± 0,04*
$V_a$	0,40 ± 0,02	0,50 ± 0,02	0,60 ± 0,02*	0,60 ± 0,06*
$V_e / V_a$	1,70 ± 0,02	1,20 ± 0,10	0,91 ± 0,04**	0,83 ± 0,10**,#
<b>Легочные вены</b>				
<b>S</b>	1,80 ± 0,05	1,60 ± 0,04	1,20 ± 0,02*	1,00 ± 0,05**
<b>D</b>	0,70 ± 0,06	0,65 ± 0,03	0,52 ± 0,02*	0,50 ± 0,40**
<b>S/D</b>	2,57 ± 0,02	2,46 ± 0,07	2,30 ± 0,05*	2,00 ± 0,10**,#

Примечание: статистически значимые различия с контрольной группой (\* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ); статистически значимые различия в сравнении с 1-й группой (# –  $p < 0,05$ ).

Результаты скоростных потоков на митральном и трикуспидальном клапанах, исследованных посредством тканевой доплерографии у больных БА различной степени тяжести

Скорость потока, м/с	Группа контроля (n = 13)	БА легкой степени (n = 16)	БА средней степени (n = 62)	БА тяжелой степени (n = 19)
<b>Митральный клапан</b>				
E	0,40 ± 0,01	0,28 ± 0,01*	0,26 ± 0,01**	0,25 ± 0,01**
A	0,30 ± 0,02	0,30 ± 0,02	0,30 ± 0,01	0,30 ± 0,02
E / A	1,30 ± 0,08	0,93 ± 0,01*	0,86 ± 0,05**,#	0,83 ± 0,10***,#
<b>Трикуспидальный клапан</b>				
E	0,40 ± 0,01	0,39 ± 0,02	0,36 ± 0,02	0,34 ± 0,02
A	0,30 ± 0,02	0,40 ± 0,02*	0,40 ± 0,01*	0,40 ± 0,05*
E / A	1,30 ± 0,06	0,97 ± 0,02*	0,90 ± 0,03*.#	0,85 ± 0,08***.#

Примечания: различия статистически значимы в сравнении с контрольной группой (\* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$ ); различия статистически значимы в сравнении с 1-й группой (# –  $p < 0,05$ ).

личались от контрольной группы. Среди больных БА средней тяжести вышеперечисленные показатели имели статистически достоверные отличия в сравнении со здоровыми лицами ( $p < 0,05$ ). При анализе этих значений среди больных БА тяжелой степени были получены различия в сравнении с группой контроля ( $p < 0,01$ ), а также при сравнении отношения S / D с больными БА легкой степени ( $p < 0,05$ ). По нашему мнению, полученные данные явились результатом ухудшения реологических свойств крови, которые закономерно наблюдаются у пациентов со среднетяжелыми и тяжелыми формами БА и связаны с развитием у них гипоксемии и гиперкапнии, особенно на фоне обострения заболевания. Повышение вязкости крови приводит к определенному замедлению прохождения крови через левые камеры сердца, что соответственно, снижает скоростные показатели потоков в легочных венах.

Таким образом, при оценке кровотока в легочных венах возможно выявление диастолической дисфункции левых отделов сердца у больных БА начиная со средней степени тяжести, что повторяет возможности спектральной доплерографии. С помощью спектральной доплерографии и оценки кровотока в легочных венах диастолическая дисфункция правых и левых отделов сердца выявляется только у больных БА среднетяжелого и тяжелого течения.

Аналогичным образом были проанализированы показатели, характеризующие диастолическую функцию ЛЖ и ПЖ с использованием методики тканевой доплерографии (табл. 2).

При оценке диастолической функции левых отделов сердца у больных БАЛС скорость потока раннего диастолического наполнения (E) и отношение E / A оказались достоверно ниже, чем у здоровых лиц ( $p < 0,05$ ), показатель скорости потока позднего диастолического наполнения (A) не имел статистически достоверных различий. У больных БА средней тяжести выявлялись достоверные различия значений E и E / A в сравнении с группой контроля ( $p < 0,01$ ), а также различия E / A у пациентов с БА легкой и средней степени ( $p < 0,05$ ). В группе больных тяжелой БА E также оказалась достоверно ниже, чем у здоровых лиц ( $p < 0,01$ ). Отношения E / A дос-

товерно снижались в сравнении с контрольной группой ( $p < 0,001$ ) и в сравнении с больными БА легкой степени ( $p < 0,05$ ). Значение A, как и в ранее сравниваемых группах, статистически значимых различий не имело.

Таким образом, посредством тканевой доплерографии у пациентов с БА выявлялась диастолическая дисфункция левых отделов сердца уже при легкой степени тяжести заболевания, что не удавалось обнаружить с помощью традиционной спектральной доплерографии.

При оценке диастолической функции правых отделов сердца у больных БА легкой степени показатели A и E / A достоверно отличались от контрольной группы ( $p < 0,05$ ). У пациентов с БА средней степени тяжести значения A и E / A имели различия с контрольной группой ( $p < 0,05$ ), а E / A также отличалось от группы больных БА легкой степени ( $p < 0,05$ ). В группе пациентов с тяжелой БА получены различия значений A со здоровыми лицами ( $p < 0,05$ ), а также значений E / A по сравнению с группой контроля ( $p < 0,001$ ) и больными БА легкой степени ( $p < 0,05$ ). Показатель E не имел статистически значимых различий во всех сравниваемых группах больных. При этом выявлялась отчетливая тенденция к снижению его величины по мере прогрессирования тяжести заболевания.

Таким образом, диастолическая дисфункция правых отделов сердца обнаруживалась при использовании тканевой доплерографии уже у больных БА легкой степени. Суммируя полученные данные, можно сделать вывод о большей чувствительности методики тканевой доплерографии в выявлении диастолической дисфункции правых и левых отделов сердца при БА различной степени тяжести.

Нами был проведен корреляционный анализ, позволивший выявить отчетливые корреляционные связи и установить зависимость между степенью тяжести БА и показателями нарушения ТМК и ТТК ( $r = 0,68$ ;  $p < 0,001$ ). В результате с помощью методов многомерного статистического анализа удалось подтвердить более высокую чувствительность методики тканевой доплерографии, позволяющей выявлять нарушения внутрисердечной гемодинамики уже у больных с начальными формами БА.

## Заключение

1. У больных БА средней и тяжелой степени наряду со спектральной доплерографией с целью оценки диастолической дисфункции левых отделов сердца может использоваться исследование кровотока в легочных венах.
2. Тканевая доплерография является наиболее чувствительным методом раннего выявления диастолической дисфункции правых и левых отделов сердца. Эта методика позволяет диагностировать диастолическую дисфункцию ПЖ и ЛЖ уже при легкой степени БА, в то время как спектральная доплерография выявляет данные нарушения у больных со среднетяжелой и тяжелой формами заболевания.

## Литература

1. Федосеев Г.Б., Трофимов В.И. Бронхиальная астма: Руководство. СПб.: Нормедиздат; 2006.
2. Руководство по диагностике, лечению и профилактике бронхиальной астмы / Под ред. А.Г.Чучалина; сост. В.И.Трофимов. М.; 2005.
3. Бобров В.А., Яблучанский Н.И. Руководство по клинической эхокардиографии. Харьков; 1995.
4. Андрианова Е.Н., Рывкин А.И., Побединская Н.С. и др. Показатели гемодинамики малого круга кровообращения у больных бронхиальной астмой. В кн.: Тезисы докладов 10-го Национального конгресса по болезням органов дыхания. СПб.; 2000. № 239.
5. Богданова Ю.В., Крюков Н.И., Мищенко О.В. и др. Оценка показателей центральной гемодинамики у больных бронхиальной астмой. В кн.: Тезисы докладов 10-го Национального конгресса по болезням органов дыхания. СПб., 2000. № 74.
6. Казанбиев Н.К. Легочная гемодинамика при хронических заболеваниях легких. В кн.: Тезисы докладов 5-го Национального конгресса по болезням органов дыхания. М.; 1995. № 453.
7. Гаврисюк В.К., Ячник А.И., Кононенко И.Н. Возможности эхокардиографии в оценке состояния правого желудочка сердца и легочной артерии у больных туберкулезом и неспецифическими заболеваниями легких. Пробл. туб. 1987; 3: 34–37.
8. Cohen V.I., Pietrolungo J.F., Thomas J.D. A practical guide. Assessment of ventricular diastolic filling using Doppler echocardiography. J. Am. Coll. Cardiology. 1996; 27: 1753–1760.
9. Oldershow P., Bishop A. The difficulties of assessing right ventricular function. Brit. Heart J. 1995; 74: 99–100.

Поступила 28.03.07  
© Коллектив авторов, 2008  
УДК 616.248-07:616.12-073.43