

Роль эхокардиографии в оценке правых отделов сердца у пациентов с хроническими обструктивными заболеваниями легких

Горелик И.Л., врач отделения функциональной диагностики городской клинической больницы №57, г. Москва; Калманова Е.Н., к.м.н., зав. отделением функциональной диагностики городской клинической больницы №57, г. Москва; Айсанов З.Р., д.м.н., проф., зав. отделом клинической физиологии и клинических исследований ФГУ «НИИ пульмонологии» ФМБА России, г. Москва

Role of echocardiography in the assessment of right heart in patients with chronic obstructive pulmonary disease

Gorelik I.L., Kalmanova E.N., Aisanov Z.R.

Введение

ХОБЛ является основной причиной формирования хронического легочного сердца, которое характеризуется гипертрофией, дилатацией и дисфункцией правого желудочка (ПЖ) на фоне легочной гипертензии [1,2].

Ультразвуковое исследование сердца одно из широко применяемых в клинической практике методов оценки ремоделирования и дисфункции правых отделов сердца и сопоставимо по своей чувствительности с результатами радионуклидной вентрикулографии, магнитно-резонансной томографии, катетеризацией правых отделов сердца [3,4]. Метод позволяет в реальном режиме времени оценить размеры и движение сердечных структур, определить давление в камерах сердца и легочной артерии, а так же исключить те заболевания, которые могут являться причиной вторичной легочной гипертензии: ИБС, артериальная гипертензия, врожденные и приобретенные пороки сердца, тромбэмболические осложнения и др.

ЭхоКГ с применением В и М режима.

Как правило, длительная перегрузка правых отделов при ХОБЛ приводит к утолщению свободной стенки ПЖ от 5 до 10 мм, в зависимости от степени выраженности гипертрофии (норма до 5 мм). Измерение толщины боковой стенки ПЖ производится из субкостальной 4-х камерной позиции в В – или М-режиме (рис.1).

В ответ на перегрузку давлением в дальнейшем развивается дилатация ПЖ и правого предсердия (ПП). При визуализации ПЖ по короткой оси из субкосталь-

ного доступа он увеличивается в размере и приобретает овальную форму (норма ПЖ ≤ 30 мм.), диаметр ЛЖ, наоборот, уменьшается и приобретает форму полумесяца. (рис.2)

Так же дилатацию ПЖ и ПП можно определить из апикальной 4-х камерной позиции. Если верхушка сердца при этом занята ПЖ, то можно говорить о его дилатации (Шиллер Н., Осипов М.А., 2005). В этой позиции диаметр ПЖ в норме ≤ 36 мм, размер ПП 38×46 мм. Однако более специфическим и точным показателем дилатации ПЖ, является увеличение отношения его площади (S ПЖ) в конце диастолы к площади ЛЖ (S ЛЖ) в конце диастолы, при измерениях, выполненных из апикальной 4-х камерной позиции. В норме данный показатель должен быть $< 0,6$ см. Если отношение S ПЖ к S ЛЖ находится в пределах от 0,6 до 1,0 см – то это может свидетельствовать об умеренной дилатации, если же значение этого индекса превышают 1,0 см – о выраженной дилатации ПЖ [5,6].

Нередко дилатация правых отделов сочетается с дилатацией ствола ЛА и ветвей ЛА. Измерение производят в парастеральной позиции по короткой оси или из субкостальной позиции. В норме диаметр ЛА из парастеральной проекции по короткой оси составляет ≤ 25 мм (рис.3).

Важными показателями является оценка объема ПЖ и фракции выброса (ФВ) ПЖ. Измерение объема ПЖ затруднено из-за сложной стереометрической формы ПЖ. Для достоверной оценки необходимо учесть, что ПЖ имеет форму пирамиды с поперечным расширением, вогнутую перегородочную поверхность и выносящий тракт. Поэтому для точного определения объема требуются сложные математические расчеты, которые пока только разрабатываются (рис.5).

Некоторые авторы [7] предлагают рассчитывать ФВ ПЖ по следующей формуле:

$$\text{ФВ} = (\text{RVVd} - \text{RVVs}) / \text{RVVd} \times 100 \text{ (норма 50-55\%)},$$

где RVVd(см3) = $2\sqrt{3} \times S \times L$ [8].

RVVd – объем ПЖ в диастолу; RVVs – объем ПЖ в систолу; S – площадь ПЖ в диастолу, определяемая

Ответственный за ведение переписки -
Горелик Ирина Львовна,
105077, Москва, ул. 11я Парковая 32, ГКБ №57,
отделение функциональной диагностики,
моб.тел: +7 926 5309065,
e-mail: gorelik.ira@yandex.ru

планиметрически; L – длинная ось правого желудочка от верхушки эндокарда до уровня уровня створок ТК вдоль МЖП.

Однако для этого метода необходима хорошая визуализация эндокарда ПЖ, что часто затруднено у пациентов ХОБЛ из-за сопутствующей эмфиземы. К тому же данный метод является достаточно трудоемким и требует большого количества времени у специалиста, выполняющего исследование.

Более доступным и простым методом для определения глобальной систолической функции ПЖ является использование величины экскурсии трикуспидального клапана (ТК) во время систолы, зарегистрированной в апикальной 4-х камерной позиции или в М-режиме, что позволяет количественно оценить экскурсию по показателю TAPSE (систолическая экскурсия плоскости трикуспидального клапана). Нормальные величины этого показателя составляют около 2,2 мм [9,10,11], а у пациентов ХОБЛ он уменьшается (рис.6) [12].

Используя этот показатель, можно оценить ФВ ПЖ по формуле [10]:

$$\text{ФВПЖ} = 3,2 \times \text{TAPSE} \text{ экс (мм)},$$

где TAPSE экс – движение кольца ТК от завершения диастолы до окончания систолы.

При присоединении легочной гипертензии у пациентов ХОБЛ, можно выявить характерные изменения в движении задней створки клапана легочной артерии. Исследование необходимо проводить в парастеральной позиции по короткой оси, курсор М-режима проводят через конец задней створки ЛК. В норме на графике движения задней створки ЛК регистрируется волна А, появление которой обусловлено систолой правого предсердия. При легочной гипертензии из-за повышения давления в диастолу в легочной артерии и в правых отделах сердца отмечается исчезновение волны А на графике движения задней створки ЛК. Еще один признак, характерный для легочной гипертензии – это средне-систолическое прикрытие задней створки ЛК. Когда на фоне значительного повышения давления створки клапана легочной артерии прикрываются и на графике движения задней створки ЛК появляется выемка (или инцизура) (рис.7,8).

Двухмерная эхокардиография позволяет оценить кинетику межжелудочковой перегородки. При выраженной легочной гипертензии выявляется дискинез межжелудочковой перегородки. В норме межжелудочковая перегородка во время систолы движется в сторону ЛЖ, а в диастолу в сторону правого желудочка. При длительной легочной гипертензии увеличивается

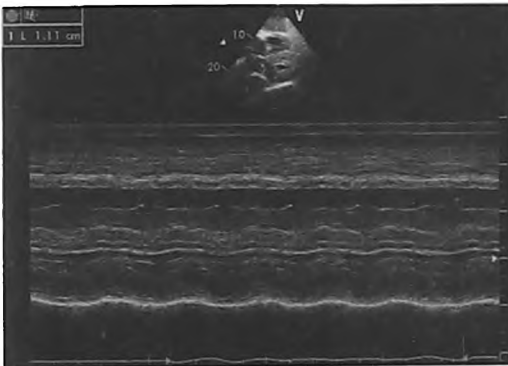


Рис. 1. Гипертрофия ПЖ.
Парастеральная позиция



Рис. 2 Расширение ПЖ, парастеральная позиция.
Уменьшение диаметра ЛЖ. В – режим.



Рис. 3. Дилатация ствола ЛА.
Парастеральная позиция.



Рис.4 Дилатация ПЖ и ПП.
Апикальная позиция

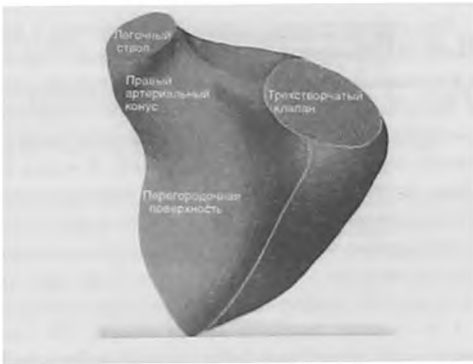


Рис.5 Стереометрическое изображение эндокардиальной поверхности ПЖ, созданное путем трехмерной ЭхоКГ.

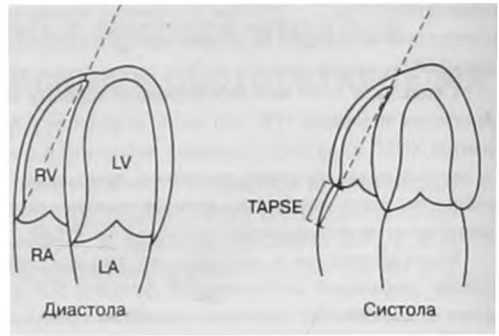


Рис. 6. Схема, демонстрирующая, как можно измерить систолическую экскурсию плоскости трикуспидального клапана.

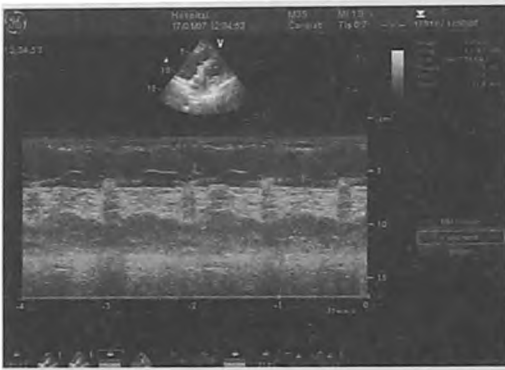


Рис.7 График движения задней створки легочного клапана, парастернальная позиция по короткой оси, курсор М-режима проведен через конец задней створки легочного клапана. Исчезновение волны А и средне-систолическое прикрытие задней створки легочного клапана.

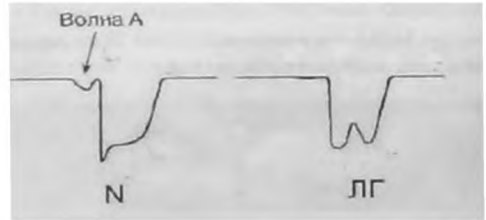


Рис. 8 Схема движения задней створки легочного клапана в норме и при легочной патологии.

время систолы ПЖ, в то время как систола ЛЖ не изменяется, возникает противоположный градиент между ЛЖ и ПЖ, что является основной причиной дискинезии МЖП.

Применение доплеровских методов

Использование доплеровских режимов значительно повышает диагностические возможности ЭхоКГ, для оценки легочной гипертензии у пациентов с ХОБЛ.

В норме трикуспидальная регургитация может быть только под створками клапана, что соответствует I степени. Вследствие повышения давления в ЛА, происходит увеличение давления в ПЖ, что приводит к обратному току крови из ПЖ в ПП. Для оценки систолического давления в ЛА неинвазивным методом используется поток трикуспидальной регургитации. Этот метод показал хорошую корреляцию с инвазивными методиками и признан, в настоящее время, наиболее удобным и точным [10].

Измерение проводят в режиме непрерывно – волнового доплера в апикальной 4-х камерной позиции, а в случае неудовлетворительной визуализации в субкостальной позиции.

Использование режима – цветового доплеровского картирования позволяет оценить степень выраженности регургитации и характер ее распространения, что необходимо для правильной установки курсора ультразвукового луча. Это позволяет максимально точно определить систолическую скорость потока и градиент давления между ПЖ и ПП. У больных ХОБЛ уровень систолического давления в легочной артерии редко превышает 40-50 мм.рт.ст и может увеличиваться по мере прогрессирования процесса [14].

Систолическое давление (Р) в ЛА рассчитывается по формуле: $P_{\text{ЛА сист}} = P_{\text{Г тк сист}} + P_{\text{пп}}$, где $P_{\text{Г тк}} = 4v^2$ (уравнение Бернулли) - максимальный градиент давления между ПЖ и ПП; $P_{\text{пп}}$ – давление в правом предсердии. Для оценки давления в ПП предлагается ориентироваться на величину респираторного ин-

декса НПВ см. табл.1 [15].

Использование доплеровских методик позволяет так же измерять среднее давление в легочной артерии. Регистрация потока в легочной артерии и выносящем тракте ПЖ производится в режиме импульсно – волнового доплера из парастернальной позиции по короткой оси, что позволяет качественно и количественно оценить характер кровотока и степень выраженности легочной гипертензии. Контрольный объем необходимо установить под створками клапана ЛА, если визуализация не удовлетворительная, используют субкостальный доступ. В норме систолический поток в выносящем тракте ПЖ и в устье клапана ЛА имеет равнобедренную форму с пиком скорости в середине систолы. При легочной гипертензии пик максимальной скорости достигается значительно быстрее, поэтому время ускорения (АТ) уменьшается и пик скорости потока смещается в первую половину систолы. Время выброса (ЕТ) из правого желудочка в ЛА возрастает, а на склоне замедления (DT) образуется инцизура, и чем она глубже, тем больше сте-

пень легочной гипертензии. Используя эти значения можно рассчитать среднее Р в ЛА по отношению АТ/ЕТ(норма 0,40-0,45). Уменьшение показателя этого соотношения указывает на увеличение Р в ЛА. А более точный расчет сред. Р в ЛА производится с использованием следующей формулы [16]: $P_{\text{сред.}} = 0,0068 \times AT + 2,1$ мм.рт.ст. В норме среднее давление в ЛА составляет 20 мм.рт.ст.

Так же по данному потоку можно рассчитывать интеграл линейной скорости потока (VTI) и сердечный выброс (SV) ПЖ в ЛА, данные показатели увеличиваются при увеличении Р в ЛА.

$VTI = V_{\text{сред.}} \times ET$, где $V_{\text{сред.}}$ – средняя скорость потока, ET – время выброса; (VTI в норме 15-20 см), $SV = VTI \times CSA$, CSA – площадь сечения сосуда, SV – ударный объем

Для оценки конечно – диастолического давления в ЛА необходимо получить поток легочной регургитации в режиме непрерывно - волнового доплера и измерить скорость этого потока в конце диастолы. А диастолическое Р в ЛА определяется как сумма конечно

Таблица 1.

Диаметр НПВ,мм	Реакция на вдох	Р в ПП мм.рт.ст
<15мм	>50%	<=5мм.рт.ст
15-25мм	>50%	5-10мм.рт.ст
15-25мм	<50%	10-15 мм.рт.ст
>25мм	<50%	15-20мм.рт.ст
>25мм +дилатация печеночных вен	Не реагирует	>20 мм .рт.ст

Таблица 2. Эхокардиографические изменения в правых отделах у пациентов с ХОБЛ и легочной гипертензией.

М режим	ПЖ
> Уменьшение или отсутствие предсердной волны на легочном клапане	
> Средне – систолическое закрытие или инцизура на легочном клапане	
2D режим	Гипертрофия стенок ПЖ(> 5мм)
	Дилатация ПЖ(>36мм);
	Снижение систолической функции ПЖ;
	Увеличение давления в полости ПЖ;
	Дилатация полости ПП(>36X46 мм);
	Дилатация ствола ЛА (> 25 мм);
	Патологическая подвижность МПП;
ЦДК	Трикуспидальная регургитация
	Легочная недостаточность
	Увеличение систолического Р в ЛА (> 25 мм.рт.ст);
	АТ (выходного тракта ПЖ) < 0,1 с
ТД	Em/Am > 1,0
	S тк <11,5 см/с
	IVRT,IVCT,MPI - увеличение

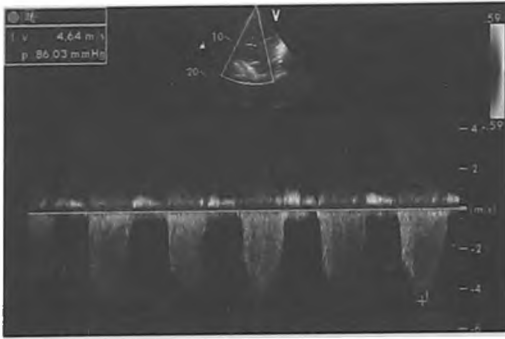


Рис. 9. Определение систолического давления в легочной артерии. Измерение градиента давления между ПЖ и ПП по трикуспидальной регургитации в режиме непрерывно-волнового доплера.

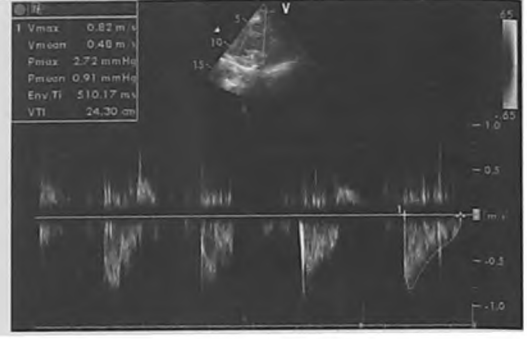


Рис. 10. Оценка интеграла линейной скорости потока в легочной артерии в режиме импульсно-волнового доплера.

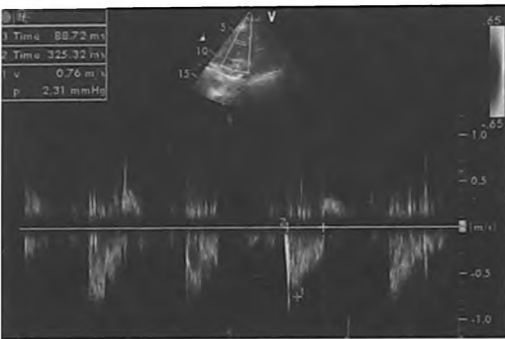


Рис. 11. Определение среднего давления в легочной артерии в режиме импульсно-волнового доплера.

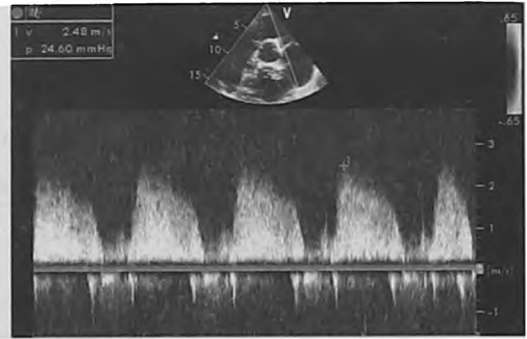


Рис. 12. Недостаточность клапана легочной артерии. Определение диастолического давления в легочной артерии.

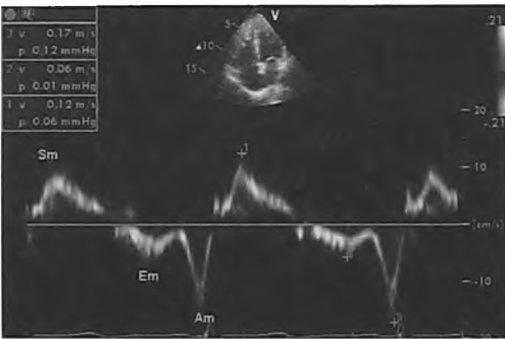


Рис. 13. Импульсно-волновой режим тканевого доплера, доплерограмма движения боковой части фиброзного кольца трехстворчатого клапана.



Рис. 14. Импульсно – волновой режим тканевого доплера. Оценка времени изоволюметрического сокращения и изоволюметрического расслабления ПЖ.

– диастолического градиента давления PG кдд лк (рассчитывается по уравнению Бернулли $PG\ кдд\ лк = 4v^2$) и давления в ПП, $PG\ кдд\ ла = PG\ кдд\ лк + P\ пп.$, P в ПП можно определить по табл. №1

С помощью доплерэхокардиографии можно рассчитать еще один важный параметр легочно-сердечной

гемодинамики – это легочное сосудистое сопротивление (ЛСС).

Данный неинвазивный метод оценки ЛСС является достоверным и сопоставимым с традиционным определением этого показателя методом катетеризации правых отделов [7]. Измерение производят в двух про-

екциях: (1) - апикулярная 4-х камерная используется для определения максимальной скорости трикуспидальной регургитации (TRV) в постоянно-волновом режиме, и (2) - парастернальная позиция по короткой оси в режиме импульсно – волнового доплера, которая позволяет определять интеграл линейной скорости в выносящем тракте правого желудочка (VTI). Для расчета используется следующая формула [17]: ЛСС (ед.Вуда) = $10 \times TRV(m/c)/VTI RVOT (cm)$. Данная формула дает значение ЛСС в единицах Вуда. Норма для ЛСС <1,7 ед. Чем выше значение этого индекса, тем более значительной является легочная гипертензия.

Применение тканевого доплера

Внедрение тканевого доплеровского режима дает дополнительную количественную оценку функций ПЖ и гемодинамических параметров. Учитывая неудовлетворительную визуализацию полостей сердца у пациентов с ХОБЛ, вследствие присоединения эмфиземы, данный метод позволяет определять систолическую и диастолическую функции правого желудочка более достоверно, чем режим импульсно-волнового доплера. Прежде всего этого связано с более качественным изображением, исключающим множественные дополнительные сигналы, возникающие при использовании режима импульсно – волнового доплера

Наиболее информативным является оценка движения фиброзного кольца трехстворчатого клапана в импульсно – волновой режиме тканевого доплера. Скорость движения фиброзного кольца определяется из верхушечного доступа 4-х камерной позиции в месте соединения свободной стенки правого желудочка с передней створкой трехстворчатого клапана [18]. Доплеровский спектр движения атриоventрикулярных клапанов состоит из 3 пиков: Пик Sm – соответствует систоле ПЖ, пик Em – соответствует раннему диастолическому наполнению ПЖ, пик Am – соответствует позднему диастолическому наполнению ПЖ.

Была обнаружена корреляция между систолической скоростью движения фиброзного кольца трех-

створчатого клапана и фракцией выброса правого желудочка. Так, систолическая скорость движения фиброзного кольца трехстворчатого клапана <11,5 см/сек, указывала на систолическую дисфункцию правого желудочка с ФВ ПЖ < 45% [18].

По тканевому доплеру можно судить и о нарушении диастолической функции ПЖ. В норме пик Am < Em, а отношение Em/Am <1,0, у пациентов с ХОБЛ наблюдается увеличение пика Em и уменьшение пика Am, т.е. наблюдается увеличение этого отношения >1 [12,19].

Важным аспектом в анализе режима тканевого доплера является оценка времени изоволюметрического сокращения (IVCT) и времени изоволюметрического расслабления (IVRT). У пациентов с ХОБЛ происходит увеличение IVCT (N = 53,17) и связано это с повышением давления в ПЖ и ухудшением сократительной функции ПЖ. Так же происходит увеличение IVRT (N = 54,60) [14], обусловленное нарушением процессов расслабления в ПЖ. Причем степень увеличения этих интервалов связана с уровнем давления в легочной артерии. Чем выше давление в ЛА, тем в большей степени увеличиваются эти интервалы, в сравнении с нормальными показателями [12,19].

Данный метод так же позволяет определять индекс миокардиальной сократимости (MPI), по следующей формуле: $MPI = IVRT + IVCT/ET$ [19]. Преимуществами этого индекса является его независимость от ЧСС и более объективная оценка диастолических интервалов. Этот индекс увеличивается у пациентов с ХОБЛ и еще более возрастает при присоединении легочной гипертензии (N = 0,32) [19].

Выводы

Таким образом, эхокардиография является высокочувствительным методом, позволяющим оценить структурные и гемодинамические изменения в правых отделах у пациентов ХОБЛ, а использование новых технологий в современных УЗ приборах дает возможность выявлять ремоделирование правых отделов на ранних этапах формирования хронического легочного сердца.■

Литература:

1. ВОЗ. Хроническое легочное сердце. Доклад Комитета экспертов ВОЗ. Серия техн. докладов №213. ВОЗ (Женева) 1961.
2. Мухарьямов Н.М. Легочное сердце. М: Медицина 1973;264.
3. Levin R.A., Gibson T.C., Aretz T. Echocardiographic measurement ventricular volume. *Circulation* 1984; 69: 497-505.
4. Niederle P., Jezek V., Jezkova J. Three echocardiographic right ventricular function evaluation. *Cardiology* 1991 ; 78(4):334 – 9.
5. Jurdin F., Dubourg O., Bourdarias J.P. Echocardiographic pattern of pulmonale. *Chest* 1997; 111: 209-17.
6. Vieillard – Baron A., Page B. Acute cor pulmonale in massive pulmonary embolism: incidence, echocardiographic pattern, clinical implications and recovery rate. *Intensive Care Med* 2001; 27: 1481 – 6.
7. Шиллер Н., Осипов М.А. Клиническая эхокардиография М.: Практика 2-е издание; 2005 46-7,103-4.
8. Gibson T., Miller S., Aretz T. Method for estimation RV planes applicable to cross-sectional Echocardiography. *Am.J.Cardiology* 1985; 55: 1584.
9. Hammarstrom E., Wranne B., Tricuspid annular motion. *J Am Soc Echocardiogr* 1991; 4: 131.
10. Kaul S., Tei C., Hopkins J. Assessment of right ventricular function using two-dimensional echocardiography. *Am Heart J* 1984;107:526-31.
11. Wann L.S., Stickels K.R., Bamrah V.S. Digital processing of contrast echocardiograms :A new technique for measuring right ventricular ejection

- fraction • Am.J.Cardiol. 1984; 53: 1164.
12. Caso P., Galderisi M., Cicala S. Association Between Myocardial Right Ventricular Relaxation Time and Pulmonary Arterial Pressure in Chronic Obstructive Lung Disease: Analysis by Pulsed Doppler Tissue Imaging. *J.Am Soc. Echocardiography* 2001; 14: 970-7.
 13. Chan K., Currie P., Seward J. B. Comparison of three Doppler ultrasound method in the prediction of pulmonary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1987; 9: 549.
 14. Батыралиев Т.А., Махмутходжаев С.А., Патарая С.А. Легочная гипертензия и правожелудочковая недостаточность. Хронические заболевания легких. Часть 4. *Кардиология* 2006; 5: 77-88.
 15. Pepi M., Tamborini G. A. New formula for echo-Doppler estimation of RV systolic pressure *Ibid*. 1994; 7: 20-26.
 16. Kitabatake A., Inoue M., Asao M. et al Noninvasive evaluation of pulmonary hypertension by pulsed Doppler technique. *Circulation* 1983; 68 (2): 302- 309.
 17. Abbas A.E., Fortuin F.D. A simple method for noninvasive estimation of pulmonary vascular resistance *J Am Coll Cadiol* 2003; 41(6): 1021-7.
 18. Алехин М.Н. Тканевой доплер в клинической эхокардиографии М.Инварьиздат 2006: 26.
 19. Remzi Y., Gencer M., Ceylan E. Impact of chronic obstructive pulmonary disease with pulmonary hypertension on both left ventricular systolic and diastolic performance *J Am Soc Echocardiogr* 2005; 18(8): 873 – 81.
 20. Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике, том 5 Под. Ред. Митькова – М. Видар 1998: 110-113;
 21. Рыбакова М.М., Митьков В.В., Платова М.Л. Комплексная эхокардиографическая оценка систолической и диастолической функции левого желудочка и правого желудочка в норме. *Ультразвуковая и функциональная диагностика* 2005; 4: 64-71.
 22. Ткаченко С.Б., Берестень Н.Ф. Тканевое доплеровское исследование миокарда М. Реал тайм 2006: 60-63.
 23. Фейгенбаум Х. Эхокардиография М. Видар 5-е издание 1999:124-8,148-58.
 24. Denslow S., Wiles H.B. Right ventricular volumes revisited: a simple model formula for echocardiographic determination *J Am Soc Echocardiogr* 1995: 873.
 25. Jurdin F., Fellahi J.L. Exploration echocardiographic du ventricular droit in echocardiographic Doppler en reanimation, anesthesia et medicine urgence .Editors. Paris Elsevier 2002: 158-74.
 26. Naeije R., Tobricki A. More on noninvasive diagnosis of pulmonary hypertension Doppler echocardiography revisited. *Eur Respir J* 1995; 8: 1445-9.
 27. Ozer M., Tokgozogl L., Coplu L. Echocardiographic evaluation of left and right ventricular diastolic function in patients with chronic obstructive pulmonary disease *J Am Soc Echocardiogr* 2001; 14 (6): 557 – 61.
 28. Tei C. New non-invasive index for combined systolic and diastolic ventricular *Cardiol.* 1995; 26: 135-136.
 29. Tuller D., Steiner M., Wahi A., Kabok M. Systolic right ventricular function assessment by pulsed wave tissue Doppler imaging of the tricuspid annulus *Swiss Med Wkly* 2005; 35(31-32): 461 – 8.
 30. Vitarelli A., Conde Y., Cimini E. Assessment of right ventricular function by strain rate imaging in chronic obstructive pulmonary disease *Eur Respir J* 2006;27 (2): 268 – 75.