

Е.Б.Лунева^{1,2}, Н.П.Никитин¹, Б.А.Татарский², А.Л.Clark¹, J.G.F.Cleland¹

АНАТОМИЧЕСКИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ И РАЗВИВШЕЙСЯ ФИБРИЛЛЯЦИЕЙ ПРЕДСЕРДИЙ

¹University of Hull, Cottingham, UK, ²ГУ НИИ кардиологии им. В.А.Алмазова Росздрава, Санкт-Петербург, Россия

С целью сравнения анатомических и функциональных особенностей левого предсердия у больных с сердечной недостаточностью с развившейся фибрилляцией предсердий и сохраненным синусовым ритмом обследовано 84 пациента в возрасте от 60 до 88 лет.

Ключевые слова: сердечная недостаточность, левый желудочек, диастолическая дисфункция, левое предсердие, фибрилляция предсердий, синусовый ритм, эхокардиография

To assess the anatomic and functional peculiarities of the left atrium in patients with heart failure with atrial fibrillation developed in the course of the follow-up and preserved sinus rhythm, 84 patients aged 60-88 years were examined.

Key words: heart failure, left ventricle, diastolic dysfunction, left atrium, atrial fibrillation, sinus rhythm, echocardiography

Фибрилляция предсердий (ФП) является одним из наиболее распространенных нарушений ритма сердца, требующим медикаментозного лечения. Вероятность развития ФП в общей популяции составляет 25% [1] и сопряжено с увеличением заболеваемости, смертности и затрат на лечение [2]. Сердечная недостаточность (СН) также вносит свой значимый вклад в увеличение этих показателей, поразив в настоящее время около 5 миллионов пациентов в США [3]. Эти два состояния тесно взаимосвязаны между собой, поскольку пациенты с любым из этих заболеваний находятся в группе повышенного риска по развитию второго [4]. Кроме того, сочетание СН и ФП значительно ухудшает прогноз пациента, чем наличие только одного из них [2, 4].

К факторам риска ФП неизменно относят преклонный возраст, хроническую СН, клапанные пороки сердца, гипертензию, инфаркт миокарда, а также ряд таких факторов, как мужской пол, ожирение, злоупотребление алкоголем, ночное апноэ [5, 6, 7]. Возникновение СН также ассоциировано с преклонным возрастом, перенесенным в прошлом инфарктом миокарда, гипертензией, сахарным диабетом.

Систолическая СН чаще встречается среди мужчин, в то время как диастолическая - более характерна для женщин. Однако распространенность ФП среди пациентов, как с систолической, так и с диастолической СН одинакова и составляет 26-35% [8]. ФП и СН зачастую дополняют друг друга. Так, в большом Фраммингемском исследовании (Framingham study) при основном диагнозе ФП у 26% пациентов регистрировалась СН в качестве осложнения и еще в 16% СН развилась в дальнейшем. Аналогично, у 24% пациентов с СН в качестве осложнения основного заболевания регистрировалась ФП, а у 17% - ФП развивалась в дальнейшем.

Большое внимание исследователей сфокусировано на изучении функциональных особенностей левого предсердия (ЛП), учитывая его важнейшие функции: с одной стороны ЛП является резервуаром, принимающим кровь из легочных вен во время систолы желудочков, а во время фазы раннего диастолического заполнения ле-

вого желудочка (ЛЖ) выступает как конduit, с другой стороны - ЛП выполняет насосную функцию, обуславливая 25% ударного объема ЛЖ за счет активного опустошения в конце диастолы желудочков. Естественно, значимость ЛП как помпы значительно возрастает при снижении функции ЛЖ, в частности, при СН.

В большинстве исследованиях [9, 10, 17], посвященных изучению изменений ЛП при ФП, представлены лишь его размеры и проводилась корреляция между размерами предсердия и риском возникновения ФП, оставляя изменения функции ЛП за рамками исследований. Вместе с тем, в настоящее время установлено, что ФП в большей степени поражает людей старшей возрастной группы. Следовательно, при проведении исследований и попыток установления корреляций, следует учитывать все причины, приводящие к увеличению размеров предсердий: возраст, сопутствующие заболевания, например, СН.

Цель данного исследования - оценить анатомические и функциональные особенности левого предсердия пациентов сердечной недостаточностью с развившейся фибрилляцией предсердий в течение периода наблюдения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование включено 84 пациента (29 женщин и 55 мужчин в возрасте от 60 до 88 лет), из них у 37 регистрировалась СН, остальные 47 пациентов были без признаков сердечно-сосудистых заболеваний. У всех пациентов в группе СН был диагностирован III функциональный класс по NYHA на фоне ишемической болезни сердца (ИБС).

В рамках поставленной задачи все пациенты были разделены на 3 группы: первую группу (группа ФП) составили больные с подтвержденной СН, которые на момент начала исследования находились на синусовом ритме (СР), но в течение года у этих пациентов развилась ФП; вторую группу составили пациенты СН с сохранившимся СР в течение всего периода наблюдения. Третью группу (контроль) составили пациенты соответ-

ствующего возраста, не имеющие признаков сердечно-сосудистой патологии.

Каждый из пациентов, вошедших в исследование, прошел полное эхокардиографическое обследование на коммерчески доступном оборудовании (GE Vingmed Vivid Five scanner) оборудованном 2,5 MHz встроенным датчиком. Анализ данных производился на Echorac 6.3 GE Vingmed на основе персонального компьютера Macintosh. Все записи эхокардиограмм были сделаны при обычном дыхании без предшествующей физической нагрузки. Для оценки анатомических и функциональных особенностей ЛП оценивались показатели, полученные при обработке изображений из двух- и четырехкамерной позиции с использованием В-режима. Для исключения ошибки измерения изображения оценивались одним и тем же специалистом и выборочно контролировались другим. Для оценки анатомических особенностей ЛП оценивались: а) максимальный объем предсердия - в момент открытия митрального клапана; б) Р-объем предсердия - начало систолы предсердий, совпадающий с волной Р на ЭКГ; в) минимальный объем предсердия - в момент закрытия митрального клапана. На рис. 1 представлен пример измерения объемов ЛП в четырехкамерной позиции. Рисунок предоставлен Н.П.Никитиным (Nikitin N.P. et al. Effect of age and sex on left atrial morphology and function. Eur J Echocardiography 2003; 4: 36-42).

Объемы предсердий рассчитывались по формуле [11]: $V=8 \cdot A_4 \cdot A_2 / 3 \cdot r \cdot L$, где A_4 и A_2 - площадь предсердия в апикальной четырех- и двухкамерной позиции, а L - длинная ось ЛП (усредненная из двух- и четырехкамерной позиций). Для оценки трех фаз предсердной активности рассчитывались следующие показатели:

а) объем пассивного опустошения ЛП (V_{pe}) и фракция пассивного опустошения ЛП (Fraction pe) для оценки функции левого предсердия как кондукта

$$V_{pe} = V_{maximal} - V \cdot P$$

$$\text{Fraction } pe = V_{pe} / V_{maximal} \cdot 100\%$$

б) объем активного опустошения ЛП (V_{ae}) и фракция активного опустошения ЛП (Fraction ae) для оценки насосной функции

$$V_{ae} = V_P - V_{minimal}$$

$$\text{Fraction } ae = V_{ae} / V_P \cdot 100\%$$

в) объем заполнения (V_{fil}) и индекс расширения ЛП (Expansion index) для оценки предсердия как резервуара.

$$V_{fil} = V_{maximal} - V_{minimal}$$

$$\text{Expansion index} = V_{fil} / V_{minimal} \cdot 100\%$$

Все исследования объемов проводились с учетом площади поверхности тела.

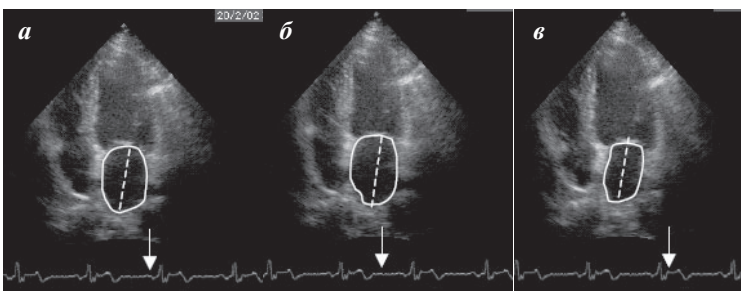


Рис. 1. Определение Р-объема (а), максимального (б) и минимального (в) объемов левого предсердия

Для оценки результатов использовались средние значения и стандартные отклонения ($\pm SD$). Для сравнения данных использовался дисперсионный анализ, для сравнения показателей между группами использовался критерий Стьюдента, с поправкой Бонферони. Значения $P < 0,05$ были признаны статистически значимыми. Расчет показателей производился с использованием программы БИОСТАТ.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1 представлены некоторые характеристики пациентов, вошедших в исследование. Как следует из полученных данных, пациенты всех групп были сопоставимы по возрасту. Больные из групп с ФП и СР имели одинаково выраженную СН ишемического генеза, а также были сопоставимы по таким клиническим характеристикам, как фракция выброса и диаметр ЛП. Во всех группах преобладали пациенты мужского пола, однако эта разница была особенно очевидна в I и II группах, что может быть объяснено преобладанием мужчин в популяции пациентов, страдающих СН. Средняя частота сердечных сокращений также была несколько выше в группе ФП, по сравнению с остальными группами.

Некоторые данные, характеризующие анатомические и функциональные особенности ЛП, представлены в табл. 2. Оценивая анатомические характеристики ЛП у данных пациентов, особое внимание придавалось объемным показателям ЛП, учитывая сопоставимость диаметров ЛП у таких пациентов. Учитывая тот факт, что ряд параметров может варьировать в зависимости от таких показателей, как рост и вес пациентов, была проведена коррекция данных, характеризующих анатомические размеры, с учетом величин поверхности тела. Анализ показал, что при сопоставлении объемных показателей ЛП отмечалось увеличение всех показателей в группах ФП и СР в сравнении с контрольной группой. Однако, выраженной разницы объемных показателей в группах ФП и СР не было, более того в группе ФП отмечалось некоторое уменьшение максимального объема ЛП в сравнении с группой СР.

Для корректной характеристики функционального состояния ЛП у выделенных пациентов оценивали фракции, характеризующие насосную, резервуарную и проводниковую компоненту работы ЛП. С целью оптимизации и увеличения достоверности полученных результатов использовались отнесенные показатели.

Проведенный анализ показал, что у пациентов с развившейся в течение года ФП, отмечалось статистически значимое ухудшение показателей, характеризующих все функции ЛП (насосную, резервуарную и проводниковую), по сравнению с пациентами, сохранивших СР. Необходимо также отметить, что все функциональные показатели (пассивная и активная фракции опустошения, индекс расширения ЛП) были хуже у пациентов описанных групп в сравнении с контрольной группой.

Полученные данные представляют определенный интерес, поскольку до настоящего времени размерам ЛП предоставляется при-

Таблица 1.

Исходные характеристики пациентов, вошедших в исследование

	Группа ФП	Группа СР	Контроль
n	19	18	47
Возраст (лет)	75±8 (60-88)	76±4 (70-84)	70 (60-79)
Женщины	5	4	20
NYHA	III	III	-
ЧСС (уд/мин)	86±15	66±15	63±8
Фракция выброса (%)	33±10	36±6	61±8
Диаметр ЛП (см)	4,55±0,84	4,79±0,68	4,12±0,43

оритет в оценке риска развития ФП. В повседневной клинической практике для оценки размеров ЛП используется его диаметр, измеряемый в парастернальной позиции. В исследованиях, посвященных изучению ремоделирования предсердий, с использованием размеров ЛП, полученных с помощью М-режима эхокардиографии, было показано, что по мере ремоделинга ЛП становится менее сферическим [11]. Был сделан вывод, что более точную оценку размеров можно произвести, используя объемы, а не рутинное измерение размеров ЛП.

Анатомические и функциональные изменения ЛП, происходящие с возрастом, при наличии СН и ряда других заболеваний, не позволяют достаточно точно выявить приоритет первично измененной морфологии ЛП, ведущей к изменению функции, либо функции ЛП, приводящей к развитию ФП и последующим изменениям морфологии предсердия.

В проведенной работе при оценке анатомических характеристик ЛП не было выявлено изменений объемных показателей предсердия среди пациентов с СН при достоверном увеличении этих же показателей в сравнении с контрольной группой. При оценке диаметра ЛП так же не установлено статистически достоверной разницы среди выделенных групп. Представляется, что изменение этих анатомических характеристик были обусловлены в большей степени СН, приводящей к ремоделингу ЛП и увеличению его размеров. Возникающая со временем ФП, уже не вносит значимый вклад в изменения анатомических характеристик ЛП у таких пациентов.

В тоже время, при оценке функциональных показателей работы ЛП, была получена статистически достоверная разница во всех показателях, характеризующих его работу. Так, у пациентов с развившейся во время наблюдения ФП, отмечалось значимое снижение всех функциональных показателей ЛП.

Анатомические и функциональные особенности левого предсердия в группах пациентов

	Группа ФП	Группа СР	Контроль	P		
	(1)	(2)	(3)	1-2	1-3	2-3
P-объем ЛП, индекс (мл/м ²)	39,37±19,86	34,02±10,30	17,98±5,64	<0,05	<0,05	<0,05
Максимальный объем ЛП, индекс (мл/м ²)	45,09±20,33	51,00±12,10	29,75±7,02	>0,05	<0,05	<0,05
Минимальный объем ЛП, индекс (мл/м ²)	31,98±18,53	22,37±8,03	9,86±3,81	>0,05	<0,05	<0,05
Фракция пассивного опустошения ЛП (%)	13,78±9,36	33,52±8,39	40,03±7,06	<0,001	<0,001	<0,001
Фракция активного опустошения ЛП (%)	19,40±13,02	34,98±9,88	45,83±7,85	<0,001	<0,001	<0,001
Индекс расширения ЛП (%)	50,37±37,58	139,43±44,29	219,40±65,2	<0,001	<0,001	<0,001

Ухудшение резервуарной функции ЛП было отмечено не только по сравнению со здоровыми пациентами сходного возраста, но также по сравнению с пациентами со сходным сопутствующим заболеванием. Как известно, резервуарная функция ЛП играет важную роль в сердечном выбросе и определяется возможностями предсердия к сокращению и расслаблению [12]. Значимое снижение резервуарной функции ЛП у пациентов с развивающейся ФП, даже по сравнению с пациентами выраженной СН, свидетельствует о наличии дополнительного состояния, влияющего на данную компоненту. ЛП, как резервуар, также страдает при ФП за счет десинхронизации

предсердий, однако традиционными эхокардиографическими методами оценить эту функцию во время данного нарушения ритма не представляется возможным.

Функция ЛП как кондукта также была нарушена у пациентов с развившейся ФП, несмотря на выраженную зависимость кондуктивной функции ЛП и снижением расслабления ЛЖ и таким образом должна значимо страдать, как в группе ФП, так и СН. Однако, установленная статистически достоверная разница во всех трех группах позволяет предположить, что у таких пациентов эта функция снижается за счет развивающегося нарушения ритма, а не за счет сопутствующих состояний.

Ряд исследователей [13, 14, 15] описали вклад ЛП в диастолическое наполнение ЛЖ во время поздней диастолы. Представляется, что у пациентов с левожелудочковой дисфункцией вклад ЛП в заполнения ЛЖ становится более важным. На ранних стадиях систолической дисфункции ЛЖ ранний желудочковый диастолический ток уменьшается и соответственно снижается пассивное опустошение ЛП, в то время как активное опустошение ЛП усиливается [16]. Можно представить, что таким образом происходит реорганизация всех функций ЛП для поддержания сердечного выброса. По мере прогрессирования СН снижается функция ЛП, как результат повышенной постнагрузки на миокард ЛП, что ведет к его дисфункции. В проведенном исследовании пациенты с развивающейся ФП на фоне уже существующей СН имели статистически достоверное снижение насосной функции ЛП, так характерное для ФП.

Таблица 2.

Таким образом, можно говорить о том, что на фоне существующей СН происходит изменение всех функциональных компонентов работы ЛП, ведущих к развитию ФП. Такие изменения происходят еще задолго до развития непосредственно нарушения ритма, что позволяет сделать вывод, что ФП является следствием изменения функции ЛП у пациентов с существующей сердечной патологией, в частности СН.

Благодарности.

Др. Лулева благодарит European Society of Cardiology за предоставленную возможность проведения данного исследования на базе University of Hull, UK.

ЛИТЕРАТУРА

- Lloyd-Jones D.M., Wang T.J., Leip E.P. Lifetime risk for development of atrial fibrillation: The Framingham Heart Study. - *Circulation* 110: 1042-1046, 2004
- Kannel W.B., Abbot R.D., Savage D.D. Epidemiologic features of chronic atrial fibrillation: The Framingham Study. - *N Engl J Med* 306:1018 -1022, 1982
- American Heart Association: Heart and Stroke Statistical Update.- Dallas, TX, American Heart Association, 2002
- Jessup M., Brozena S. Heart failure.- *N Engl J Med* 348:2007- 2018, 2003
- Benjamin E.J., Levy D., Vaziri S.M., et al Independent risk factors for atrial fibrillation in a population-based cohort. The Framingham Heart Study.- *JAMA* 271: 840- 844, 1994
- Wang T.J., Parise H., Levy D., et al Obesity and the risk of new-onset atrial fibrillation. -*JAMA* 292:2471- 2477, 2004
- Gami A.S., Pressman G., Caples S.M., et al Association of atrial fibrillation and obstructive sleep apnea.- *Circulation* 110:364- 367, 2004
- Diller P.M., Smucker D.R., David B., et al Congestive heart failure due to diastolic or systolic dysfunction. Frequency and patient characteristics in an ambulatory setting. -*Arch Fam Med* 8:414- 420, 1999
- Dittrich H.C., Pearce L.A., Asinger R.W., McBride R., Weibel R., Zabalgoitia M., Pennock G.D., Safford R.E., Rothbart R.M., Halperin J.L., Hart R.G. Left atrial diameter in nonvalvular atrial fibrillation: an echocardiographic study - *Am Heart J* 137:494-499, 1999
- Schotten U., Neuberger H.R., Allessie M.A. The role of atrial dilatation in the domestication of atrial fibrillation - *Progress in Biophysics & Molecular Biology* 82 (2003) 151-162
- Fiigenbaum H. Echocardiographic evaluation of cardiac chambers. In: Fiigenbaum H ed. *Echocardiography*, 5th Edition. Philadelphia Lea&Febiger 1993: 166-167
- Nikitin N.P., Witte K.K.A., Thackray S.D.R., Goodge L.J., Clark A.L., Cleland J.G.F. Effect of age and sex on left atrial morphology and function - *Eur J Echocardiography* 4: 36-42, 2003
- Hoit B.D., Shao Y., Gabel M., Walsh R.A. In vivo assessment of left atrial contractile performance in normal and pathological conditions using a time-varying elastance model.- *Circulation* 1994;89:1829-38
- Hoit B.D., Gabel M. Influence of left ventricular dysfunction on the role of atrial contraction: an echocardiographic - haemodynamic study in dogs.- *JACC* 2000; 36: 1713-1719
- Matsuda Y., Toma Y., Moritani K. et al. Assessment of left atrial function in patients with hypertensive heart disease. -*Hypertension*. 1986;8:779-85
- Kono T., Sabbah N.H., Rosman H., Alam M., Stein P.D., Goldstein S. Left atrial contribution to ventricular filling during the course of evolving heart failure.- *Circulation* 1992;86:1317-1322
- Modena M.G., Muia N., Sgura F.A., Molinari R., Castella A., Rossi R. Left atrial size is the major predictor of cardiac death and overall clinical outcome in patients with dilated cardiomyopathy: a long term follow-up study. -*Clin Cardiol*. 1997;20: 553-560

АНАТОМИЧЕСКИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ И РАЗВИВШЕЙСЯ ФИБРИЛЛЯЦИЕЙ ПРЕДСЕРДИЙ

Е.Б.Лулева, Н.П.Никитин, Б.А.Татарский, А.Л.Скотт, J.G.F.Cleland

С целью оценки анатомических и функциональных особенностей левого предсердия (ЛП) пациентов с сердечной недостаточностью (СН) с развившейся в течение периода наблюдения фибрилляцией предсердий (ФП) обследовано 84 пациента (29 женщин и 55 мужчин в возрасте от 60 до 88 лет). Из них у 37 регистрировалась СН III функционального класса по NYHA на фоне ишемической болезни сердца, остальные 47 пациентов были без признаков сердечно-сосудистых заболеваний. Первую группу (группа ФП) составили больные с СН, которые на момент начала исследования находились на синусовом ритме (СР), но в течение года у этих пациентов развилась ФП; вторую группу составили пациенты СН с сохранившимся в течение наблюдения СР; третья группа - контроль.

Оценивали следующие объемы ЛП: а) максимальный - в момент открытия митрального клапана; б) Р-объем предсердия - начало систолы предсердий; в) минимальный - в момент закрытия митрального клапана. Использовали формулу: $V=8 \cdot A_4 \cdot A_2 / 3 \cdot r \cdot L$, где A_4 и A_2 - площади ЛП в апикальной четырех- и двухкамерной позиции, а L - длинная ось ЛП (усредненная из двух- и четырехкамерной позиций). Для оценки трех фаз предсердной активности рассчитывались: а) объем ($V_{pe} = V_{maximal} - V \cdot P$) и фракция пассивного опустошения ЛП ($Fraction_{pe} = V_{pe} / V$

maximal *100%); б) объем ($V_{ae} = V_P - V_{\text{minimal}}$) и фракция активного опустошения ЛП (Fraction $ae = V_{ae} / V_P * 100\%$), в) объем заполнения ($V_{\text{fil}} = V_{\text{maximal}} - V_{\text{minimal}}$) и индекс расширения ЛП (Expansion index = $V_{\text{fil}} / V_{\text{minimal}} * 100\%$). Все исследования объемов проводились с учетом площади поверхности тела.

Проведенный анализ показал, что у пациентов с развившейся в течение года ФП, отмечалось статистически значимое ухудшение показателей, характеризующих все функции ЛП (насосную, резервуарную и проводниковую), по сравнению с пациентами, сохранивших СР. Необходимо также отметить, что все функциональные показатели (пассивная и активная фракции опустошения, индекс расширения ЛП) были хуже у пациентов описанных групп в сравнении с контрольной группой. При оценке анатомических характеристик ЛП не было выявлено изменений объемных показателей предсердия среди пациентов с СН при достоверном увеличении этих же показателей в сравнении с контрольной группой. При оценке диаметра ЛП так же не установлено статистически достоверной разницы среди выделенных групп. Таким образом, можно говорить о том, что на фоне существующей СН происходит изменение всех функциональных компонентов работы ЛП, ведущих к развитию ФП. Такие изменения происходят еще задолго до развития непосредственно нарушения ритма, что позволяет сделать вывод, что ФП является следствием изменения функции ЛП у пациентов с существующей сердечной патологией, в частности СН.

ANATOMIC AND FUNCTIONAL ALTERATIONS OF THE LEFT ATRIUM IN PATIENTS WITH CHRONIC HEART FAILURE AND DEVELOPED ATRIAL FIBRILLATION

E.B. Luneva, N.P. Nikitin, B.A. Tatarskii, A.L. Clark, J.G.F. Cleland

To assess the anatomic and functional peculiarities of the left atrium in patients with heart failure and atrial fibrillation (developed in the course of the follow up), 84 patients were examined (29 women, 55 men aged 60-88 years). Thirty-seven patients had the heart failure of III functional class (NYHA) at the background of coronary heart disease; other 47 patients had no signs of heart failure. The first group (AF group) consisted of the patients with heart failure and sinus rhythm at baseline and in whom atrial fibrillation developed in the course of the study. The second group consisted of patients with the sinus rhythm throughout the follow-up period. The third group was considered as the control one.

The following left atrial volumes were evaluated: a) maximal, at the moment of the mitral valve opening; b) atrial P-volume, onset of atrial systole; c) minimal, at the moment of the mitral valve closure. For calculations, the following formula was used: $V = 8 \times A_4 \times A_2 / 3 \times P \times L$, where A_4 and A_2 : the left atrium volumes measured in two-chamber and four-chamber positions, respectively; and L: the long axis of the right atrium (averaged from two-chamber and four-chamber positions). For evaluation of the three phases of atrial activity, the following indices were calculated: a) the volume ($V_{PE} = V_{\text{max}} - V_{\text{P}}$) and fraction of passive ejection of the left atrium (Fraction $_{PE} = V_{PE} / V_{\text{max}} \times 100\%$); b) the volume ($V_{AE} = V_{\text{P}} - V_{\text{min}}$) and fraction of active ejection of the left atrium (Fraction $_{AE} = V_{AE} / V_{\text{P}} \times 100\%$); c) the filling volume ($V_{FIL} = V_{\text{max}} - V_{\text{min}}$) and expansion index of the left atrium (Expansion Index = $V_{FIL} / V_{\text{min}} \times 100\%$). All evaluations of the volumes were carried out taking into account the body surface area.

The analysis performed showed that in patients with atrial fibrillation developed within the year of follow-up, the statistically significant deterioration of indices characterizing all functions of the left atrium (pumping, reservoir, and conductive ones) was found as compared to the patients with preserved sinus rhythm. It is also to be mentioned that all functional indices (passive and active ejection fractions, and expansion index) of the left atrium were worse in the patients of described groups as distinct from the control group patients. In assessment of anatomic characteristics of the left atrium, no changes in the atrial volume indices were revealed in the patients with heart failure in contrast to the patients of control group. Assessment of the left atrial diameter showed no statistically significant difference among the groups. Thus, one should conclude that, at the background of the heart failure, the alterations of all functional components of the left atrial activity leading to development of atrial fibrillation occur. Such alterations take place long before the development of proper atrial fibrillation that permits one to conclude that atrial fibrillation is a consequence of the left atrial function alterations in the patients with substantial cardiovascular diseases, in particular with heart failure.