

## РОЛЬ ДИАСТОЛИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ У ПАЦИЕНТОВ КАРДИОХИРУРГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

### THE ROLE OF DIASTOLIC FUNCTION IN CARDIAC SURGERY PATIENTS

**L. Kaplenko  
M. Nurkaev**

*Summary.* The article analyzes the peculiarities of diastolic dysfunction, the methods of its determination, its role in prognosis of cardiac surgery patients. At present impaired diastolic function of the left ventricle is an insufficiently studied topic. Diastolic dysfunction contributes to cardiac insufficiency in the long-term postoperative period, increases the risk of hospitalization and lethal outcome, worsens postoperative prognosis. The problem of prognostic significance, accurate diagnostic methods of left ventricular diastolic dysfunction remains an unsolved problem and requires further study.

*Keywords:* diastolic function, diastolic dysfunction, heart failure, aortic stenosis, left ventricular filling pressure, aortic valve implantation.

**Капленко Лидия Игоревна**

Аспирант, Научный Медицинский  
Исследовательский Центр Сердечно-сосудистой  
хирургии имени А.Н. Бакулева  
aff-26@mail.ru

**Нуркаев Маъруфжон Толибжонович**

Аспирант, Научный Медицинский  
Исследовательский Центр Сердечно-сосудистой  
хирургии имени А.Н. Бакулева  
marufnurkaev@gmail.com

*Аннотация.* В статье анализируются особенности диастолической дисфункции, методов ее определения, роли в прогнозе у пациентов кардиохирургического профиля. Нарушения диастолической функции левого желудочка сердца являются на сегодняшний день недостаточно изученной темой. Диастолическая дисфункция способствует возникновению сердечной недостаточности в отдаленном постоперационном периоде, увеличивает риск госпитализации и летального исхода, ухудшает послеоперационный прогноз. Проблема прогностической значимости, точных методов диагностики диастолической дисфункции левого желудочка остается нерешенной задачей и требует дальнейшего изучения.

*Ключевые слова:* диастолическая функция, диастолическая дисфункция, сердечная недостаточность, аортальный стеноз, давление наполнения левого желудочка, имплантация аортального клапана.

**Д**иастолическая функция (ДФ) левого желудочка (ЛЖ) — это его способность к расслаблению и наполнению кровью. Начинается этот процесс с расслабления миокарда желудочков и закрытия полулунных клапанов из-за разницы давления в полости желудочка, аорты и легочной артерии. Далее происходит раскрытие атриовентрикулярных клапанов под воздействием крови в предсердиях. Она заполняет полости желудочков, способствуя их расслаблению. Дополнительное растяжение миокарда желудочков происходит из-за систолы предсердий [1].

Диастолическая дисфункция (ДД) — это неспособность левого желудочка к расслаблению и заполнению, что возможно только за счет компенсаторного увеличения давления в левом предсердии (ЛП) и легочных венах [2]. ДД возникает при многих сердечно-сосудистых заболеваниях (ССЗ), в т.ч. с сохранной фракцией выброса (ФВ) ЛЖ. Распространенность ДД с нормальной ФВ ЛЖ в общей взрослой популяции составляет примерно 20–30% [3]. Исследования показали, что возникновение

ДД независимо связано с возрастом, наличием артериальной гипертензии, сахарного диабета, ожирения, ишемической болезни сердца и увеличением частоты сердечных сокращений [4].

ДД может быть расценена, как ранний признак нарушения работы сердца и некий маркер сердечно-сосудистых заболеваний, даже при отсутствии симптомов. [5]. Установлено, что у пациентов с исходно нормальной фракцией выброса левого желудочка, ухудшение ДФ также является независимым предиктором смертности [6]. В литературе встречаются данные о том, что ДД ЛЖ способствует снижению толерантности к физической нагрузке, качества жизни пациентов. Также она является независимой причиной возникновения сердечной недостаточности (СН) [7].

В настоящее время в качестве метода оценки ДФ ЛЖ используется эхокардиографическое (Эхо-КГ) исследование, а именно определение трансмитрального кровотока в режиме доплерографии [8]. Это достаточно информативный, неинвазивный метод диагностики.

Показатели следует измерять на уровне краев створок митрального клапана.

Скорость раннего диастолического наполнения ЛЖ (пик E, см/с) зависят от градиента давления между предсердием и желудочком в начале диастолы, пассивной растяжимости ЛЖ и ЛП. Скорость позднего наполнения ЛЖ (пик A, см/с) зависит от сократимости ЛЖ, уровня давления в поздней диастоле, частоты сердечных сокращений.

Также производится определение отношения пиковых скоростей (E/A). Время изоволюметрического расслабления ЛЖ (IVRT, мс) зависит от времени закрытия аортального клапана (АК), скорости расслабления ЛЖ, времени открытия митрального клапана. Этот показатель может удлиняться, а затем укорачиваться при прогрессировании ДД.

При помощи доплерографии можно выявить ДД на ранних стадиях.

В процессе ССЗ происходит изменение трансмитрального профиля, развиваются нарушения по типу «замедленной релаксации»,  $E < A$ , возникает увеличение времени замедления пика E и увеличение IVRT.

Дальнейшее прогрессирование заболевания способствует нарастанию предсердно-желудочкового градиента давления. Возникает «псевдонормализация» показателей. Конечной стадией ДД является развитие рестриктивного профиля. Отношение  $E/A > 2$ , время замедления  $< 150$  мс, укорочен IVRT.

В литературе описаны 3 степени ДД ЛЖ [9]:

- ◆ I степень (нарушенная релаксация ЛЖ) выявляется, когда  $E \leq A$ , давление наполнения ЛЖ (ДНЛЖ) как правило, нормальное или незначительно повышено. Нарушается ранняя фаза диастолы желудочка. Большая часть крови поступает в желудочки в фазу медленного диастолического наполнения и систолы предсердий. Это приводит к увеличению IVRT.
- ◆ II степень (псевдонормальный тип), выявляется при наличии гипертрофии, дилатации ЛЖ, увеличения ЛП, снижении ФВ ЛЖ, когда  $E > A$ . Наблюдается при увеличении конечного диастолического давления в ЛЖ, ЛП и легочных венах.
- ◆ III степень (рестриктивный тип) определяется при структурных изменениях сердца, когда отношение  $E/A$  более 2.

В исследованиях показано, что функциональный класс СН, толерантность к физическим нагрузкам, качество жизни больных с СН связаны развитием рестриктивного типа нарушения ДФ ЛЖ [10,11].

В связи с тем, что исследование трансмитрального кровотока в доплеровском режиме имеет ограничения (митральная и аортальная регургитация выше 2 степени, тахикардия более 100 уд. в мин., наличие фибрилляции предсердий и т.д.) стали развиваться другие направления для оценки ДФ ЛЖ, такие как тканевая доплерография [12]. Измерения производятся из апикальной четырехкамерной позиции. Оценка раннего диастолического пика ( $e'$ ) от кольца митрального клапана (релаксация миокарда). Нормальное значение  $e' > 8$  см/с от септальной стенки и  $> 10$  см/с от латеральной. Эхо-КГ критериями ДД ЛЖ являются: снижение показателя  $e' < 9$  см/с и увеличение отношения  $E/e' > 15$  см/с.

По мнению некоторых авторов необходимо рутинное измерение ДФ ЛЖ для прогнозирования риска осложнений у пациентов после кардиохирургических вмешательств [13]. В периоперационном периоде после вмешательств кардиологического профиля возможна декомпенсация ДД, которая связана с неблагоприятными исходами у таких пациентов [14].

По данным мета-анализа Kaw R и соавт. у пациентов кардиохирургического профиля с ДД наблюдался более высокий уровень смертности в послеоперационном периоде независимо от наличия систолической дисфункции ЛЖ [15]. Смертность была выше при III степени ДД. У пациентов с ДД после операций на сердце чаще возникал инфаркт миокарда, дольше сохранялась необходимость в искусственной вентиляции легких. Среди пациентов, перенесших операцию по поводу ишемической болезни сердца или аортального стеноза (АС), частота возникновения ДД ЛЖ колеблется от 44% до 75%.

Результаты ранних исследований показывают, что нарушения ДФ ЛЖ сохранялись у пациентов после операции коронарного шунтирования в течение 3 месяцев и нормализовались у 85% пациентов [16].

В исследовании Stenberg Y и соавт. обследовали 96 амбулаторных пациентов перед хирургическим вмешательством [17]. Всем пациентам выполнялась трансторакальная Эхо-КГ, в т.ч. тканевая доплерография. У 74 из 96 пациентов была обнаружена ДД ЛЖ. Из них у 22 диагностирована легкая степень ДД, у 43 умеренная, у 9 из 74 пациентов тяжелая степень ДД ЛЖ. При тканевой доплерографии с определением показателя  $e'$  и отношения  $E/e'$  ДД была отмечена у 68 пациентов из 96 (70,8%) включенных в исследование. Легкая степень выявлена у 8 пациентов, умеренная у 36, а тяжелая у 24 пациентов из 68.

Гемодинамически значимый АС приводит к возникновению концентрической гипертрофии миокарда ЛЖ,

как механизма поддержания напряжения стенки желудочка [18]. Эти процессы в свою очередь влияют на ДФ ЛЖ.

После замены АК достаточно часто диагностируется ДД и связана с повышением смертности [19]. Также имеются данные о том, что наличие ДД ЛЖ провоцирует возникновение СН спустя несколько лет после операции на АК.

В различных рекомендациях, в т.ч. Европейской ассоциации сердечно-сосудистой визуализации от 2016 года, описывается необходимость использования сочетания показателей, определяемых при Эхо-КГ, для диагностики ДД ЛЖ [20].

В проспективное наблюдательное исследование Hultkvist Н. и соавт. было включено 273 пациента с АС, которым планировалось выполнение операции по замене АК [21].

По результатам выявлено, что у большей части пациентов с повышенным ДНЛЖ через 6 месяцев наблюдения после операции этот показатель нормализовался. Не выявлено значимого влияния повышенного ДНЛЖ на долгосрочную выживаемость. Однако обнаружена связь повышенного ДНЛЖ в периоперационном периоде с необходимостью более длительного нахождения в палате интенсивной терапии и развитием СН.

У тех пациентов, у которых повышение ДНЛЖ происходило после операции, выявлялись повышенный уровень КФК-МВ, что может говорить о значительном ишемическом повреждении во время операции, что могло способствовать развитию ДД ЛЖ.

У пациентов с высоким ДНЛЖ как до операции, так и после определялся повышенный уровень NT-proBNP, который снижался в дальнейшем периоде наблюдения. Повышенный уровень NT-proBNP до операции является предиктором повышенного ДНЛЖ. У пациентов с изначально высоким ДНЛЖ, у которых наблюдалось улучшение этого показателя, были исходно значимо более высокие показатели NT-proBNP и массы миокарда ЛЖ, чем у пациентов без улучшения показателя. Также, у последней группы пациентов отмечено возникновение фибрилляции предсердий в послеоперационном периоде.

Проведение операции замены АК способствовала улучшению ДФ ЛЖ у 50% пациентов с АС и повышенным ДНЛЖ. Прямая связь между ДД ЛЖ и низкой долгосрочной выживаемостью после данной операции не установлена. Однако результаты свидетельствуют о том, что повышенный уровень NT-proBNP до операции и эпизод

возникновения СН после процедуры были ассоциированы с ухудшением долгосрочной выживаемости.

В литературе продолжается накопление данных о роли ДД в прогнозе пациентов после операции по поводу стеноза АК [22]. Исследователи используют в своих работах различные классификации ДД ЛЖ, разные критерии включения больных, разные по величине выборки. Не оценивается такой фактор возникновения нарушений ДФ сердца, как фиброз.

В исследовании Patricia A. и соавт. принимали участие 777 пациентов с АС, кому планировалось выполнение транскатетерной имплантации АК. Период наблюдения составил от 30 дней до 1 года после операции. Исследование ДФ ЛЖ удалось провести у 632 пациентов. Нормальной она оказалась у 37%. Нарушения выявлены 1 степени у 16%, 2 у 31%, 3 у 16%. Смертность оказалась выше у пациентов с обнаруженной ДД ЛЖ. Самая большая составила 27,6% среди пациентов с 3 степенью ДД. При многофакторном анализе полученные данные свидетельствуют о том, что увеличение степени ДД ЛЖ является предиктором увеличения смертности через 1 год наблюдения (отношение рисков 2,36 для 1 степени и 4,41 для 3 степени) [23].

В исследовании Vavry A.A. было включено 390 пациентов с АС, которым планировалось выполнение по этому поводу транскатетерной операции. Средний период наблюдения составил  $3.3 \pm 1.7$  лет. Пациентам проводилась оценка ДФ ЛЖ по средством Эхо-КГ. ДД была классифицирована на 3 стадии. Аорто-желудочковый индекс (АЖИ) был рассчитан как разницу между диастолическим давлением в аорте и конечно-диастолическим давлением в ЛЖ, деленную на частоту сердечных сокращений. АЖИ расценивался как патологический при  $<0,5$  мм рт. ст./уд/мин. ДД ЛЖ обнаруживалась значимо чаще у пациентов с патологическим АЖИ, по сравнению с нормой (70,9% и 55,1%, соответственно,  $p < 0.001$ ). Смертность от всех причин также была выше у пациентов с патологическим АЖИ (46% и 31%, соответственно,  $p < 0.001$ ). Независимо от сопутствующей ДД, АЖИ является самостоятельным предиктором плохой среднесрочной выживаемости [24].

В другом исследовании Caglayan H.A. и соавт. включили 169 пациентов, которым предстояло перенести процедуры хирургической (группа 1) или транскатетерной (группа 2) замены АК [25]. В состав группы 1 входили 98 пациентов (49% мужского пола), в группу 2—71 пациент (56% мужского пола). Всем пациентам проводилось Эхо-КГ в покое с оценкой митрального кровотока, легочных вен, трикуспидальной регургитации, тканевый доплер, измерение уровня NT-proBNP через 6 и 12 месяцев наблюдения после операции. Статисти-

чески значимой разницы между группой 1 и 2 не выявлено. Во время операции или в течение последующих 6 месяцев умерли 18 пациентов. Пациенты группы 1 были значительно старше, у них был выше индекс массы тела, давление в легочной артерии и уровень NT-proBNP. Статистических различий по показателю фракции выброса ЛЖ, наличию артериальной гипертензии, сахарного диабета, повышенного холестерина и креатинфосфокиназы-МВ, курению, коронарной болезни сердца, цереброваскулярных заболеваний и функционального класса СН не получено. Независимыми предикторами повышения уровня NT-proBNP levels (> 500 нг/л) выявлены давление в легочной артерии, пик Е митрального потока, септальное E/e' или e'. У большинства пациентов отмечено наличие повышенного ДНЛЖ.

В еще одном исследовании принимали участие 359 пациентов, которым выполнялась транскатетерная имплантация АК [26]. У 58% участников была выявлена кальцификация митрального кольца. Пациенты были разделены на группу с тяжелой и нетяжелой ДД ЛЖ на основании измерения ДНЛЖ. Тяжелая ДД ЛЖ была ассоциирована с увеличением риска смерти от всех причин или госпитализации по поводу СН через 13

месяцев наблюдения после операции. Единственным независимым предиктором смертности от всех причин при госпитализации по поводу СН были показатели шкалы STS. Тяжелая ДД была ассоциирована с увеличением смертности от всех причин при госпитализации по поводу СН, но в зависимости от структурных параметров и других предикторов.

### Заключение

В настоящее время остается открытым вопрос роли ДД ЛЖ в долгосрочных исходах кардиохирургических операций, в частности на аортальном клапане. В многочисленных исследованиях так или иначе доказана статистически значимая связь признаков наличия ДД ЛЖ, выявленных при Эхо-КГ, с необходимостью более длительного нахождения в палате интенсивной терапии под тщательным контролем, возникновением СН, увеличением смертности от всех причин в течение 1 года после замены АК. Следуя из рекомендаций международных сообществ, данных различных клинических и наблюдательных исследований, можно сделать вывод о необходимости комплексного подхода к ранней предоперационной диагностике ДД ЛЖ и дальнейшего ее изучения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Чурсин В.В. Клиническая физиология кровообращения. Методические материалы к практическим и семинарским занятиям / В.В. Чурсин.— 2011.— 44 с.
2. Шевченко Ю.Л. Диастолическая функция левого желудочка. / Ю.Л. Шевченко, Л.Л. Бобров, А.Г. Обрезан.— М.: Геотар-Мед, 2002.— 238 с.
3. Xu B. Prognostic value of diastolic dysfunction derived from d-spect in coronary artery disease patients with normal ejection fraction / B Xu, L Liu, FA Abdu, G Yin, et al.// Front. Cardiovasc. Med.— 2021.— V.15;8:700027. doi: 10.3389/fcvm.2021.700027.
4. Peverill RE. Determinants of left ventricular structure, filling and long axis function in systemic sclerosis/ RE Peverill, GS Ngjan, C Mylrea, J.P. Sahhar// Lo S. One.— 2021.— V.22;16(10): e0258593. doi: 10.1371/journal.pone.0258593.
5. Kim K. Associations between subclinical myocardial dysfunction and premature fusion of early and late diastolic filling with uncertain cause/ K Kim, J Seo, I Cho, EY Choi, et al. //Yonsei. Med. J.— 2022.— V.63(9).— P. 817–824. doi: 10.3349/yjm.2022.63.9.817.
6. Будневский А.В. Состояние диастолической функции левого желудочка у больных с артериальной гипертензией при применении фармпрепаратов различных групп/ А.В. Будневский, Е.С. Овсянников, Л.Е. Куликова// The Russian Archives of Internal Medicine.— № 4.— 2019. doi: 10.20514/2226–6704–2019–9–4–290–2959.
7. Yoshinaga R. Factors related to self-care behaviors among hospitalized patients with heart failure in Japan, based on the European Heart Failure Self-Care Behaviour Scale/ R Yoshinaga, K Tomita, K Wakayama, S Furuta, et al.// J. Phys. Ther. Sci.— 2022.— V.34(6).— P. 416–421. doi: 10.1589/jpts.34.416.
8. Алехин М.Н. Значение эхокардиографии у пациентов с артериальной гипертензией/ М.Н. Алехин// Кардиология.— 2018.— № 58(1).— С.90–100.
9. Шахнович П.Г. Диастолическая дисфункция миокарда: эхокардиографический феномен или вид сердечной недостаточности?/ П.Г. Шахнович, А.И. Захарова, Д.В. Черкашин, А.С. Свистов и соавт.// Вестник Российской военно-медицинской академии.— 2015.— № 3(51). С. 54–57.
10. Yoon HJ. Impact of updated guidelines on diastolic dysfunction in patients with preserved ejection fraction/ HJ Yoon// J. Cardiovasc. Imaging.— 2021.— V.29(1).— P. 44–45. doi: 10.4250/jcvi.2020.0199.
11. Al Jaroudi M. Impact of progression of diastolic dysfunction on mortality in patients with normal ejection fraction/ M. Al Jaroudi, M.C. Alraies, C. Halley, et al.// Circulation.— 2012.— Vol. 125, № 6.— P. 782–788.
12. Mielnicki W. Utility of tissue Doppler imaging of systolic function to diagnose diastolic dysfunction in critically ill patients/ W Mielnicki, A Dyla, M Karczewski, K Fidler, et al.// Anaesthesiol. Intensive. Ther.— 2019.— V.51(4).— P. 268–272. doi: 10.5114/ait.2019.87473. PMID: 31517471.
13. Cohn, J.N. Heart failure with normal ejection fraction. The V–HeFT Study. Veterans Administration Cooperative Study Group /JN Cohn, G Johnson //Circulation.— 1990.— Vol. 81, № 2.— P. 48–53.
14. Nicoara A. Diastolic dysfunction, diagnostic and perioperative management in cardiac surgery/ A Nicoara, M Swaminathan// Curr. Opin. Anaesthesiol.— 2015.— V.28(1).— P.60–66. doi: 10.1097/ACO.0000000000000141. PMID: 25486492.

15. Kaw R, Cardiovascular Meta-analyses Research Group. Effect of diastolic dysfunction on postoperative outcomes after cardiovascular surgery: A systematic review and meta-analysis/ R Kaw, AV Hernandez, V Pasupuleti, A Deshpande, et al.// J. Thorac. Cardiovasc. Surg.— 2016.— V.152(4).— P. 1142–1153. doi: 10.1016/j.jtcvs.2016.05.057.
16. Oppizzi M. Diastolic dysfunction in cardiac surgery intensive care. Study methods, changes and prognosis [in Italian]/ M Oppizzi, E Zoia, A Franco, C Gerli, et al.// Minerva. Anesthesiol.— 1997.— V.63.— P. 29–38.
17. Stenberg Y. Pre-operative point-of-care assessment of left ventricular diastolic dysfunction, an observational study/ Y Stenberg, Y Rhodin, A Lindberg, R Aroch, et al.// BMC. Anesthesiol.— 2022.— V.5;22(1):96. doi: 10.1186/s12871-022-01642-4.
18. Lorell BH. Left ventricular hypertrophy: pathogenesis, detection, and prognosis/ BH Lorell// Circulation.— 2000.— V.102(4).— P. 470–479. doi: 10.1161/01.cir.102.4.470.
19. Lund O. Left ventricular systolic and diastolic function in aortic stenosis. Prognostic value after valve replacement and underlying mechanisms/ O Lund, C Flo, FT Jensen, K Emmertsen, et al.// European heart journal.— 1997.— V.18(12).— P. 1977–1987. doi: 10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a015209.
20. Nagueh SF. 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/ SF Nagueh, OA Smiseth, CP Appleton, BF Byrd 3rd, et al.// Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.— 2016.— V.17(12).— P. 1321–1360. doi: 10.1093/ehjci/jew082.
21. Hultkvist H. Evaluation of left ventricular diastolic function in patients operated for aortic stenosis/ H Hultkvist, E Nylander, É Tamás, R Svedjeholm, et al.// PLoS. One.— 2022.— V.25;17(2): e0263824. doi: 10.1371/journal.pone.0263824.
22. Metkus TS. Diastolic dysfunction is common and predicts outcome after cardiac surgery/ TS Metkus, A Suarez-Pierre, TC Crawford, JS Lawton, et al.// Journal of cardiothoracic surgery.— 2018.— V.13(1):67. doi: 10.1186/s13019-018-0744-3.
23. Patricia A. Diastolic dysfunction pre-transcatheter aortic valve replacement: is it too late?/ A. Patricia//JACC: Cardiovascular Interventions.— 2018.— V.11, Issue 6.— P. 602–604.
24. Bavry AA. The relationship between baseline diastolic dysfunction and postimplantation invasive hemodynamics with transcatheter aortic valve replacement/ AA Bavry, T Okuno, SH Aalaie-Andabili, DJ Kumbhani, et al.// Clin. Cardiol.— 2020.— V.43(12). P. 1428–1434. doi: 10.1002/clc.23457.
25. Caglayan HA. Echocardiographic assessment of diastolic dysfunction in elderly patients with severe aortic stenosis before and after aortic valve replacement/ HA Caglayan, D Kjønnås, S Malm, H Schirmer, et al.// Cardiovasc. Ultrasound.— 2021.— V.28;19(1):32. doi: 10.1186/s12947-021-00262-1.
26. Kampaktsis PN. Prognostic role of diastolic dysfunction in patients undergoing transcatheter aortic valve replacement/ PN Kampaktsis, M Vavuranakis, DY Choi, I Sherif, et al.// Catheter Cardiovasc. Interv.— 2020.— V.1;95(5).— P. 1024–1031. doi: 10.1002/ccd.28426.

---

© Капленко Лидия Игоревна ( aff-26@mail.ru ), Нуркаев Маьруфжон Толибжонович ( marufnurkaev@gmail.com ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»