

М.Н. Долженко, д.м.н., професор, **С.В. Поташев**, к.м.н., доцент, кафедра кардіології та функціональної діагностики
Національної медичної академії післядипломного образования ім. П.Л. Шупика, г. Київ

Аспекты диагностики сердечной недостаточности

Тренинг по эхокардиографии

Эхокардиографическая оценка миокардиальной функции

Исследования по эхокардиографической оценке сердечной недостаточности (СН) позволили обработать многочисленные показатели, которые характеризуют систолическую и диастолическую функцию левого желудочка (ЛЖ). Они, если рассматривать их отдельно, отображают две фазы сердечного цикла. Недавно Тей и соавт. предложили гипотезу, согласно которой комбинированное измерение функции камеры ЛЖ может отображать его общую миокардиальную функцию лучше, чем определение отдельных показателей, исходя из положения о том, что систолическая и диастолическая дисфункция часто сосуществуют. Предложенный ими новый индекс функции миокарда (ИФМ), который определяется как отношение суммы времени изоволюмического сокращения и времени изоволюмической релаксации ко времени изгнания ЛЖ, объединяет измерения диастолической и систолической функции ЛЖ в единый показатель (норма <0,40) (рис. 1).

ИФМ, или индекс Тейя (названный так в честь изобретателя), можно легко высчитать при проведении доплеровской ЭхоКГ по установлению пробного объема на границе трактов притоков и оттока из ЛЖ в апикальной четырехкамерной позиции.

С момента, когда ИФМ был описан впервые, было проведено много исследований, в которых показана возможность с его помощью определять комбинированную систолодиастолическую дисфункцию и прогнозировать заболеваемость и смертность при многих нарушениях сердечной деятельности, таких как дилатационная кардиомиопатия, амилоидоз и легочная гипертензия.

Многочисленные исследования продемонстрировали, что ИФМ хорошо коррелирует с симптомами СН, а в недавнем исследовании Bruch индекс Тейя оказался чувствительным показателем миокардиальной дисфункции у больных с легкой и умеренной СН (рис. 2).

ИФМ также хорошо коррелирует с dP/dt и является хорошим предиктором дилатации ЛЖ и сердечно-

сосудистой смертности после первого острого инфаркта миокарда и при повышенном риске периоперационной смертности или застойной СН у пациентов с умеренно тяжелой митральной недостаточностью, которым проведена операция по поводу пластики митрального клапана (МК). Также ИФМ обеспечивает дополнительную прогностическую информацию относительно развития СН в пожилой популяции по сравнению с традиционными функциональными показателями (рис. 3).

Сегодня ИФМ также широко используется для наблюдения и оценки состояния больных, которые перенесли процедуру кардиальной ресинхронизации (рис. 4).

Систолическая функция и дисфункция левого желудочка

ЭхоКГ сегодня является наиболее распространенным диагностическим методом, который используется для оценки систолической функции ЛЖ, благодаря доступности оборудования и возможности много раз повторять это исследование, что абсолютно безопасно для пациента. Коммерческая доступность портативного ультразвукового оборудования еще больше повысила возможности быстрой оценки функции ЛЖ даже за пределами лечебного учреждения.

ЭхоКГ в М-режиме первой начала использоваться для оценки толщины стенок желудочков и их размеров и расчета сократительной способности и массы миокарда ЛЖ, хотя сегодня этот метод уже утратил самостоятельное значение.

Конвенционные измерения ЛЖ проводятся согласно рекомендациям Американского общества по эхокардиографии во время конца систолы и диастолы между эндокардиальными поверхностями противоположных стенок. Измерения размеров ЛЖ достоверно свидетельствуют о наличии дилатации ЛЖ и могут использоваться для наблюдения за больными с СН. Кроме того, эти измерения позволяют рассчитать такой простой показатель, как фракционное укорочение ЛЖ:

$$FU = [(КДР - КСР) / КДР] \times 100\%$$

где КДР – конечно-диастолический размер;

КСР – конечно-систолический размер;

N – 28-44%, в среднем – 36%, уменьшается при многих видах патологии миокарда.

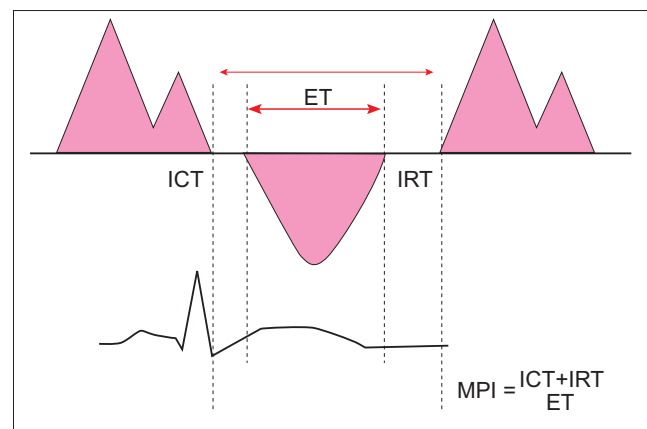


Рис. 1. Индекс функции миокарда (MPI): сумма времени изоволюмического сокращения (ICT) и времени изоволюмической релаксации (IVRT), разделенная на время изгнания ЛЖ (ET)

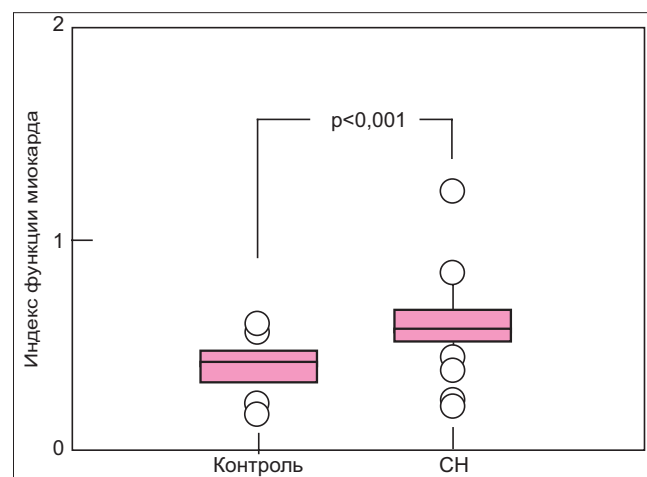


Рис. 2. Индекс Тейя – чувствительный показатель миокардиальной дисфункции у больных с легкой и умеренной СН (Bruch и соавт.)

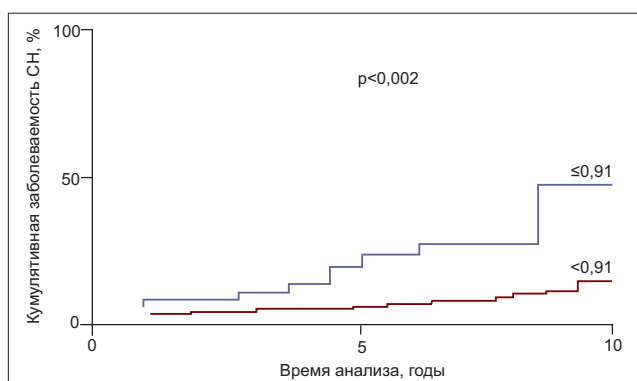


Рис. 3. ИФМ, определенный по данным доплеровской ЭхоКГ, дает возможность прогнозировать кумулятивный риск развития СН у пожилых пациентов после 70 лет (Arnlov и соавт.)

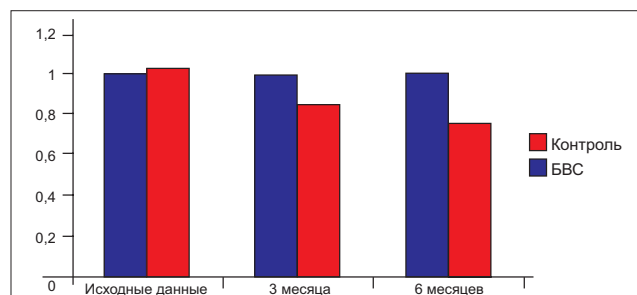


Рис. 4. ИФМ может обеспечить ценную информацию при наблюдении за больными с СН



М.Н. Долженко

Двухмерная (2D-) ЭхоКГ обеспечивает намного больше информации у больных с дисфункцией ЛЖ, включая более точный расчет объемов ЛЖ и оценку фракции выброса (ФВ) ЛЖ, которая может рассчитываться с помощью многих методов, таких как алгоритм «площадь – длина» или биплановый метод дисков по Симпсону. Последний метод сегодня является эталонным для корректной оценки КДО, КСО и ФВ ЛЖ.

Функция желудочка и его ремоделирование (сферичность ЛЖ) могут быть оценены с помощью индекса сферичности, который представляет собой соотношение длинной и короткой оси ЛЖ, и измерения расстояния септально-куспидальной (или митрально-септальной) сепарации (EPSS, расстояние между пиком Е передней створки МК и межжелудочковой перегородки), величина которой обратно пропорциональна ФВ ЛЖ.

Благодаря комбинации всей информации, которую исследователь получает с помощью 2D- и доплеровских методик, ЭхоКГ дает возможность точно определять ударный объем (УО) и минутный объем кровотока. Эти параметры наиболее точно высчитываются при исследовании в парастернальном доступе по длинной оси ЛЖ путем измерения диаметра выносящего тракта ЛЖ (ВТЛЖ), который возводится в квадрат и множится на 0,785, что дает исследователю площадь ВТЛЖ (согласно формуле $S = \pi D^2 / 4$; $\pi / 4 = 0,785$). Следует отметить, что в большинстве современных моделей ультразвукового оборудования эта операция выполняется автоматически. После этого с помощью импульсно-волнового доплера получают спектр потока в ВТЛЖ в апикальной 5- или 3-камерной позиции, что дает возможность рассчитать интеграл линейной скорости потока (VTI). Ударный объем ЛЖ рассчитывается по формуле: УО = площадь ВТЛЖ (см²) × VTI (см).

Другим важным параметром оценки функции ЛЖ является продольная, или лонгитудинальная, функция ЛЖ. Мышечная структура ЛЖ довольно сложна и включает субэпикардиальные и подлежащие эндокардиальные пласты, которые имеют продольное расположение волокон относительно длинной оси ЛЖ, и центропаритетальные волокна, расположенные циркулярно. В систолу происходит как циркулярное, так и радиальное укорочение и натяжение волокон. Субэндокардиальные продольные волокна анатомически соединяются с митральным кольцом, что вызывает систолическую экскурсию кольца в направлении верхушки. ЭхоКГ позволяет изучать продольное расслабление и сокращение в апикальных эхо-проекциях. В норме продольное сокращение вызывает уменьшение длины ЛЖ приблизительно на 10-12%, в то время как поперечное сокращение составляет свыше 25%. Суммарный результат таков, что полость ЛЖ становится менее сферической в систолу, чем в диастолу. ЭхоКГ также может быть использована для исследования продольной функции ЛЖ в М-режиме, который позволяет измерить экскурсию плоскости митрального кольца, в то время как скорость его движения может быть измерена с помощью импульсно-волнового тканевого доплера (ТД).

Систолическое движение плоскости митрального кольца, оцениваемое с помощью показателя сдвига атриоventрикулярной плоскости (AVPD), кроме того, что обеспечивает оценку продольной функции ЛЖ (отражает снижение сократимости

при многочисленных заболеваниях сердца), является также важным прогностическим показателем миокардиальной функции ЛЖ.

Методы оценки продольной функции ЛЖ с использованием AVPD и систолической скорости движения митрального кольца по данным ТД являются чувствительными в диагностике миокардиальной дисфункции ЛЖ и коррелируют с некоторыми маркерами сократительной дисфункции, такими как мозговой натрийуретический пептид.

В случаях митральной регургитации ЭхоКГ может быть использована для оценки соотношения изменения внутрисердечного давления dP/dt , который является очень чувствительным предиктором ухудшения функции ЛЖ. Этот метод позволяет измерить средний уровень роста давления при митральной регургитации на скоростях от 1 до 3 м/с с его отношением к промежутку времени, за которое происходит повышение давления ($p=4V^2$; $(4 \times 3^2) - (4 \times 1^2) = 36 - 4 = 32$ мм рт. ст./дт).

Диастолическая функция и дисфункция левого желудочка

Конвенционные методы оценки диастолической функции левого желудочка

Диастолическая дисфункция ЛЖ и диастолическая СН как манифестная диастолическая дисфункция может быть описана на разных уровнях – от гистологических и ультраструктурных характеристик до клинических проявлений и находок инструментальных исследований с учетом прогностических и терапевтических аспектов.

Экстрацеллюлярный матрикс, представленный фибриллярным коллагеном, является важным как для сокращения, так и для расслабления миокардиальных волокон. Он обеспечивает организацию кардиомиоцитов в оптимальном для сокращения порядке и значительную поддержку эффективной функции миокарда. Ремоделирование миокарда сопровождается изменениями не только кардиомиоцитов, но и внеклеточного матрикса, где происходит пролиферация фибробластов, нарушение архитектоники коллагена и повышение количества интерстициального и периваскулярного коллагена. Эти изменения происходят при значительной стимуляции РААС. Экстрацеллюлярный матрикс является интенсивно лабильной субстанцией благодаря нормально сбалансированному действию металлопротеиназ, протеолитических ферментов, активирующихся несколькими факторами, к которым относятся BNP, и тканевых ингибиторов, противодействующих металлопротеиназам. При деструкции коллагена нарушается как геометрия, так и функция сократительного миокарда за счет «апрегуляции» металлопротеиназ. При этом развивается миокардиофиброз вследствие дисбаланса между отложением и деградацией коллагена, причем деградация превалирует. Соответственно, можно выдвинуть гипотезы о двух противоположных патологических ситуациях. Первая имеет место при потере коллагена, например, после острого инфаркта миокарда, причем миокард теряет свою необходимую поддерживающую структуру. Это приводит к снижению систолической функции миокарда. Вторая ситуация складывается, когда чрезмерное накопление коллагена, что является также основным компонентом миокардиофиброза, вызывает нарушение как систолической, так и диастолической функции миокарда. Параллельно с ультраструктурными изменениями клиническое развитие СН также может происходить двумя другими путями. Согласно первому сценарию, как это происходит после острого инфаркта миокарда, дилатация ЛЖ (= эксцентрическое ремоделирование) приводит к систолической дисфункции и/или систолической СН. При втором варианте структурные аномалии ЛЖ (= концентрическое ремоделирование) приводят к диастолической дисфункции. Когда диастолическая дисфункция становится симптомной, т.е. когда возникает одышка, это означает, что у пациента имеется диастолическая СН. С гемодинамической точки зрения разница между диастолической и систолической СН выражается кривой «давление – объем» (рис. 5). При систолической СН повышение давления наполнения ЛЖ соответствует повышению объема ЛЖ (сдвиг кривой вверх и вправо). При диастолической СН повышение давления

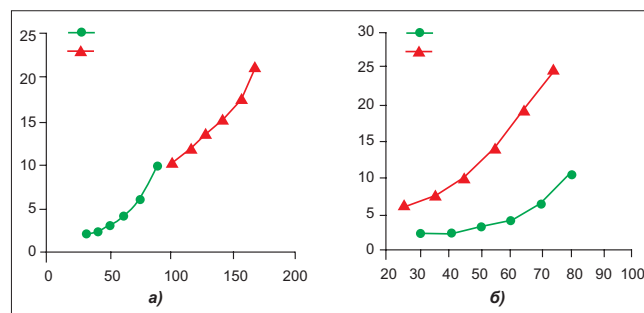


Рис. 5. Кривая «давление – объем», отражающая разницу между диастолической и систолической СН

наполнения ЛЖ происходит при нормальном или даже уменьшенном объеме ЛЖ (сдвиг кривой вверх и влево). При тяжелых стадиях СН диастолическая и систолическая дисфункция сосуществуют.

Диастолическая дисфункция ЛЖ развивается при многих заболеваниях сердца и экстракардиальной патологии, которая поражает сердце (амилоидоз, заболевания щитовидной железы, акромегалия и т.п.), и при ишемии миокарда за счет атеросклеротического поражения коронарных артерий или даже изолированной дисфункции коронарной микроциркуляции. Впрочем, наиболее частой причиной диастолической дисфункции является артериальная гипертензия (АГ). Избыточная масса тела и ожирение, которые часто сосуществуют с АГ, также существенно влияют на диастолическую функцию, повышая рабочую нагрузку ЛЖ. С этой точки зрения диастолическая дисфункция представляет собой одно из кардиальных следствий метаболического синдрома, при котором у одного человека сосуществуют АГ, ожирение, нарушение толерантности к глюкозе и гипертриглицеридемия, с инсулинорезистентностью как общим матриксом этого состояния.

Данные о развитии острой СН при отсутствии явной систолической дисфункции были наглядно продемонстрированы в исследовании Gandhi и соавт. В этом исследовании у 38 пациентов с АГ, у которых развился отек легких, не было выявлено достоверной разницы ФВ и индекса локальной сократимости ЛЖ при ЭхоКГ во время острого эпизода и после клинической стабилизации (через 1-3 суток). Эта клиническая ситуация, определенная как СН с сохраненной систолической функцией или, лучше, с нормальной ФВ ЛЖ, сегодня рассматривается как эквивалент диагноза изолированной диастолической СН. Во всех исследованиях, которые были выполнены по этому поводу на сегодня, в первую очередь оценивали частоту случаев СН с нормальной ФВ ЛЖ, применяя стандартную доплеровскую ЭхоКГ. Hogg и соавт. анализировали данные десяти перекрестных популяционных исследований, которые проводились в Соединенных Штатах и нескольких европейских странах, и выявили очень высокую вариабельность частоты распространения СН с нормальной ФВ ЛЖ. В большинстве случаев это можно объяснить разным возрастным и половым составом участников исследования. Кроме того, такой вариант СН чаще встречается у части популяции преклонного возраста, у женщин и чаще ассоциируется с АГ и фибрилляцией предсердий, чем с ишемической болезнью сердца.

Действительно корректное определение диастолической СН должно базироваться на непосредственной оценке диастолической функции ЛЖ и четком определении нормальных референтных величин. Стандартная доплеровская ЭхоКГ сегодня позволяет надежно оценить несколько диастолических показателей, которые определяются при оценке трансмитрального кровотока. При правильной методологии и корректной записи кривых доплеровские показатели диастолической функции ЛЖ имеют хорошую воспроизводимость даже в популяционных исследованиях. Анализ потока в легочных венах и ТД митрального кольца предоставляют дополнительную полезную информацию, которая помогает определить тренды диастолической функции ЛЖ.

Тип диастолической дисфункции, определенный с помощью импульсно-волнового доплерографического исследования трансмитрального кровотока, соответствует нарушению релаксации ЛЖ, что также имеет характерную графику при доплеровском исследовании кровотока в легочных венах и при ТД

митрального кольца. Измерения доплеровских параметров при диастолической дисфункции отличаются от измерений, которые получают при катетеризации сердца. Кроме того, нужно принимать во внимание влияние физиологических компонентов, таких как возраст пациента и частота сердечных сокращений. Хотя сегодня нет четкого определения диастолической СН, а существование ее не всеми принимается как непреложный факт, Европейская группа по диастолической СН определила диастолическую СН согласно критериям, которые могут быть продемонстрированы во время клинического осмотра, эхокардиографического исследования (нормальная ФВ ЛЖ) и импульсно-волнового доплерографического исследования трансмитрального кровотока и кровотока в легочных венах. Впрочем, исследования с проведением ТД митрального кольца продемонстрировали, что у больных с диастолической СН имеются субклинические изменения систолической функции.

Прогноз диастолической СН признается очень гетерогенным. Анализ, проведенный Hogg и соавт., которые проанализировали результаты последних когортных исследований больных, госпитализированных по поводу СН, показал, что смертность среди пациентов с СН при нормальной ФВ ЛЖ является низкой на протяжении 18 месяцев с момента первичной госпитализации, но становится подобной таковой у больных с систолической СН через 5-6 лет наблюдения. Недавно были проведены два важных исследования, которые подчеркнули прогностическую значимость доплеровских показателей диастолической функции ЛЖ, особенно отношения E/A. Первое исследование, PIUMA, показало, что нарушение релаксации (отношение E/A меньше референтного индивидуального значения для возраста и частоты сердечных сокращений) достоверно повышало риск сердечно-сосудистых событий (1,57, 95% ДИ 1,1-2,18, $p < 0,01$) в популяции, которая состояла из 1839 гипертензивных пациентов, на протяжении 11 лет наблюдения. Эта прогностическая значимость была независимой от массы миокарда ЛЖ и даже от суточного амбулаторного профиля артериального давления. Во втором исследовании – The Strong Heart Study – 3-летнее наблюдение в популяции 3008 американских индейцев показало, что трансмитральное соотношение E/A $< 0,60$ (= нарушение релаксации ЛЖ) ассоциируется с повышением смертности в два раза, хотя этот показатель не был независимым от других факторов. Впрочем, повышение отношения E/A $> 1,5$ (псевдонормальное/рестриктивное наполнение ЛЖ) также ассоциировалось с повышением сердечно-сосудистой смертности втрое, независимо от других факторов, включая гипертрофию ЛЖ. Результаты исследования The Strong Heart Study четко совпадают с патофизиологической точкой зрения, высказанной исследователями клиники Мейо, которые несколько лет назад разработали оригинальную классификацию диастолической дисфункции по доплеровским показателям трансмитрального кровотока, удачно интегрированную по данным лишь нескольких доплеровских показателей. Согласно этой классификации, нарушение релаксации ЛЖ (диастолическая дисфункция I типа), а также обратимое и необратимое рестриктивное наполнение ЛЖ (соответственно III и IV типы диастолической дисфункции) находятся на противоположных концах по отношению к функциональному классу СН, в то время как псевдонормальный тип наполнения ЛЖ занимает промежуточную, но клинически важную позицию. Учитывая эти находки и сравнение клинических испытаний, мы можем предположить, что для того чтобы прогноз диастолической СН стал подобен прогнозу систолической СН, нужно сравнительно продолжительное время – 5-6 лет. Это зависит преимущественно от срока трансформации начальной степени диастолической дисфункции, когда имеются нарушения релаксации ЛЖ, а одышка выявляется только при физической нагрузке, в более тяжелые стадии, когда высокое давление наполнения ЛЖ ассоциируется с терминальной СН.

Статья напечатана в сокращении.

Продолжение в следующем номере.

