PARTE DO **CAPÍTULO 6**

AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO DIASTÓLICA DO VE

O estudo da função diastólica do VE é de grande importância tendo em vista que as alterações no enchimento desta cavidade são, geralmente, as primeiras anormalidades detectadas na função do VE produzidas por diversas patologias, antecedendo bastante as anormalidades da função sistólica(101,102).

Conceitos básicos (103)

Adotaremos aqui a seguinte definição e divisão do período diastólico: A diástole inicia-se com o fechamento da valva aórtica e termina com o fechamento da valva mitral, sendo dividida em 4 períodos. O período de **relaxamento isovolumétrico** do VE que vai do fechamento da valva aórtica à abertura da valva mitral, correspondendo à fase em que há redução da pressão intraventricular esquerda sem que haja entrada de sangue na cavidade do VE. O período de **enchimento rápido** do VE que inicía-se com a abertura mitral e corresponde à fase em que há grande entrada de sangue na cavidade ventricular. O período de **diástase** que segue ao enchimento rápido, fase em que a cavidade atrial esta funcionando praticamente como um tubo conectando as veia pulmonares ao VE. O período da **contração atrial esquerda** que termina o enchimento da cavidade do VE iniciando o fechamento da valva mitral.

O enchimento sangüineo da cavidade ventricular esquerda é um processo muito complexo que depende de diversos fatores, porém os mais importantes são o relaxamento, a distensibilidade do VE e a contribuição da contração atrial esquerda. Embora freqüentemente os termos relaxamento e distensibilidade do VE sejam utilizados como semelhantes, são fenômenos bastante diversos e é necessário um entendimento perfeito deles para compreendermos o funcionamento do VE durante a diástole.

O **relaxamento do VE** é um processo metabolicamente ativo, dependente da utilização de energia sob a forma de ATP com retirada do calcio citoplasmático para o interior do sistema retículo-plasmático e desligamento das uniões entre as proteinas contráteis. É um parâmetro muito importante no enchimento do VE apenas durante o período correspondente a cerca de 1/3 inicial da diástole. Nos 2/3 finais o relaxamento do VE já terminou e não exerce nenhuma influência direta no enchimento ventricular.

A **distensibilidade do VE** é um processo passivo, independente do metabolismo, que tem importância durante os 2/3 finais da diástole. Corresponde basicamente à capacidade da cavidade ventricular em aceitar um determinado volume sangüíneo sem elevar por demais a pressão intracavitária. A Fig. 6.22 mostra a relação pressão-volume na cavidade ventricular esquerda em um indivíduo normal e em um paciente com diminuição da distensibilidade do VE.

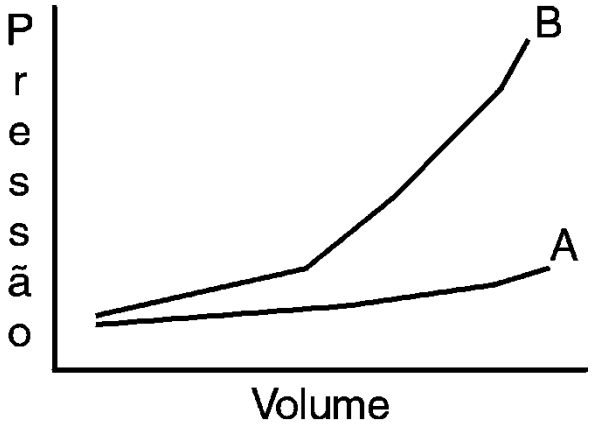


Fig. 6.22 - Relação pressão-volume na cavidade ventricular esquerda em um indivíduo normal (**A**) e em um paciente com diminuição da distensibilidade do VE (**B**). Notar que um pequeno aumento do volume intracavitário eleva pouco a pressão no indivíduo normal. No paciente com diminuição da distensibilidade, este mesmo aumento de volume eleva bastante a pressão intracavitária. A elevação da pressão correspondente a um determinado volume é maior quanto maior for o volume já presente na cavidade.

Nota-se que em condições normais, quando se aumenta o volume sangüíneo no interior do VE a pressão intraventricular não aumenta muito, apenas quando já existe bastante sangue é que esta pressão começa a subir, e ainda assim lentamente. Por outro lado, quando a distensibilidade do VE está diminuída, um pequeno incremento do volume já produz um grande aumento da pressão intracavitária, que será proporcionalmente maior quanto mais volume já existir na cavidade. Em outras palavras, no final da diástole, quando já existe um certa quantidade de sangue na cavidade ventricular, o acréscimo de um pequeno volume eleva muito mais a pressão do que elevaria este mesmo volume entrando no início da diástole.

A Fig. 6.23 mostra a importância do relaxamento do VE e de sua distensibilidade na formação da curva de pressão diastólica desta cavidade. Vemos que a curva de pressão intraventricular na diástole é formada pelo resultado final de duas curvas distintas: a do relaxamento que é exponencial, caindo a pressão rápidamente no início e depois mais lentamente, de modo que nos 2/3 finais da diástole já não atue; e a da distensibilidade, subindo a pressão lentamente quando começa o sangue a entrar no VE e depois mais rapidamente quando o volume intracavitário for maior, atua portanto principalmente no final da diástole. A curva intracavitária ventricular é a "soma algébrica" destas duas curvas. No início da diástole, com a abertura da valva mitral, embora o ventrículo comece a se encher de sangue a pressão cai devido ser maior a queda da pressão de relaxamento do que o aumento da pressão dependente da distensibilidade. Ainda antes da metade da diástole, já com a cavidade relativamente cheia, o aumento da pressão dependente da distensibilidade se

torna maior do que a queda pressórica relativa ao relaxamento e a pressão ventricular esquerda começa a subir. No final da diástole, estando ausente qualquer queda pressórica devido ao relaxamento, a pressão intraventricular corresponde exatamente, e modifica-se paralelamente, à pressão de distensibilidade.

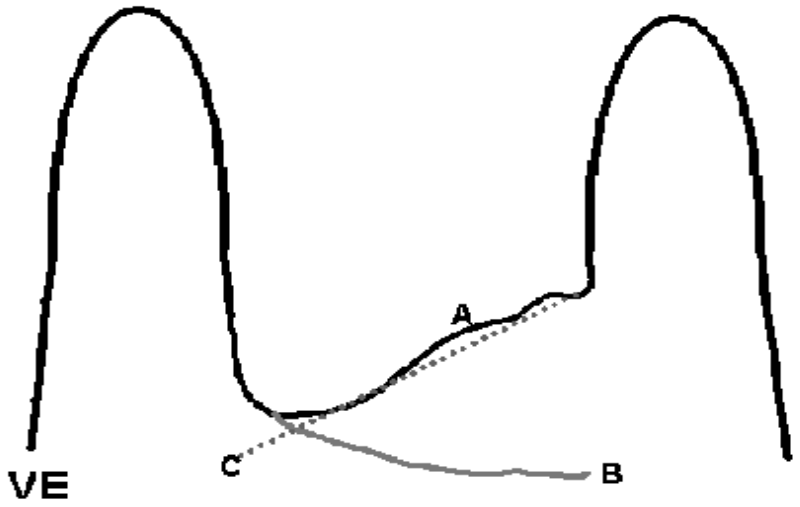


Fig. 6.23 - A pressão diastólica do VE (linha A) é constituída por dois componentes: Aquele relativo à queda exponencial da pressão intracavitária devido ao relaxamento do VE (linha B) somente atua no início da diástole e aquele devido ao aumento gradativo desta pressão secundário à entrada de sangue e à distensibilidade da cavidade (linha C) somente é importante no final da diástole.

Velocidade Diastólica Máxima da Parede Posterior do VE (VDMáx)

Corresponde à velocidade máxima de relaxamento da parede posterior do VE durante o período de enchimento rápido desta cavidade. Infelizmente, a VDMáx é influenciada também pelo deslocamento do coração posteriormente durante o início da diástole. A VDMáx se encontra diminuída quando há alteração do relaxamento ventricular esquerdo, como, por exemplo, na doença coronariana(104) e miocardiopatias,(105) e também quando existe um impedimento para o enchimento do VE, como na estenose mitral.

Fogelman et al,(106) fazendo ecocardiogramas simultaneamente com prova ergométrica, notaram uma diminuição da VDMáx juntamente com o

aparecimento de dor percordial, que voltava aos valores basais após o desaparecimento da angina.

Velocidade EF do Folheto Anterior da Valva Mitral

A velocidade EF está relacionada intimamente com o fluxo sangüíneo através da valva mitral durante o terço inicial da diástole.(107) Alterações do relaxamento reduzem o fluxo transmitral no início da diástole, diminuindo a velocidade EF(108) como visto na Fig. 6.24.

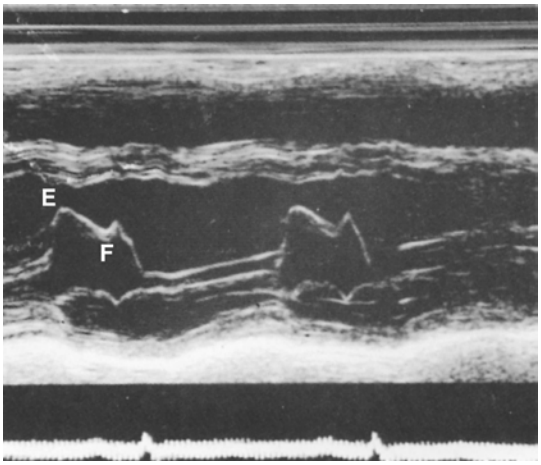


Fig. 6.24 - Valva mitral apresentando diminuição da velocidade de fechamento diastólico (velocidade EF).

A causa da redução da velocidade EF da mitral em pacientes com diminuição do relaxamento do VE pode ser facilmente entendida. Durante a sístole, o anel mitral (assim como quase todo o coração) se desloca para frente. Na diástole, o anel valvar retorna passivamente para trás à medida que o VE se relaxa e encha. Como o segmento EF é formado pela soma de dois movimentos para trás (do anel e do folheto anterior fechando), com a diminuição do relaxamento o anel se desloca mais lentamente em direção posterior reduzindo a velocidade EF. Um outro fator é o jato de sangue que passa através dos folhetos no terço inicial da diástole. Quanto mais sangue passar neste período maior a velocidade do jato e portanto da intensidade do efeito Venturi nos folhetos puxando-os para o seu interior. Quando há pouco sangue passando pela válvula neste período o efeito é menor, reduzindo a velocidade de fechamento EF.

Além da diminuição do relaxamento ventricular esquerdo, diversas outras patologias alteram a velocidade EF, por exemplo, a estenose mitral,(109) o mixoma atrial esquerdo (110) e a hipertensão arterial pulmonar.(111) Como estas causas podem ser facilmente reconhecidas pela ecocardiografia, o encontro isolado da velocidade EF, menor que 60 mm/s, indica na maioria das vezes uma anormalidade de relaxamento do VE.(108) Contudo, a velocidade EF não guarda nenhuma relação com a pressão diastólica final do VE.(108)

Alterações do Movimento Mitral Secundárias ao Aumento da Pressão Diastólica do VE

O movimento da valva mitral é influenciado pelo fluxo(107) e pelo gradiente(112) transmitral. Quando há grande aumento da pressão diastólica do VE, quer da pressão inicial (Pd_1), quer da final (Pd_2), aparecem alterações no ecocardiograma da valva mitral.(113) Assim, quando a PD_1 está elevada, o sangue do átrio esquerdo entra em uma cavidade ventricular com a pressão aumentada logo no início da diástole, e a valva mitral pode ter dificuldade em se abrir, o que conduz à diminuição da velocidade desta abertura (Velocidade DE). Geralmente quando a Pd_1 está mais elevada que 14 mm Hg, a velocidade DE é menor que 250 mm/s,(113) como visto na Fig. 6.25.

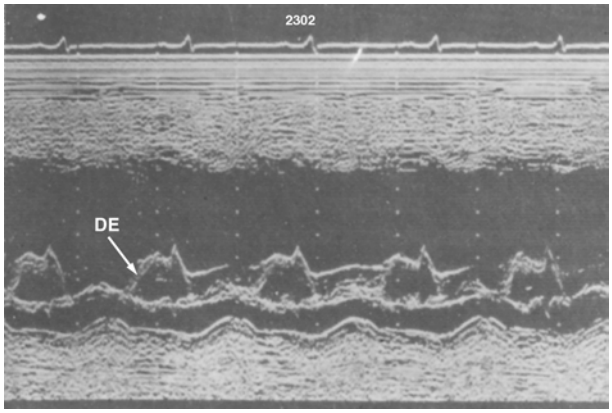


Fig. 6.25 - Diminuição da velocidade de abertura mitral (DE) secundária a aumento da pressão diastólica inicial (Pd_1) do ventrículo esquerdo.

Determinados pacientes que têm diminuição da distensibilidade do VE quando na ausência de insuficiência cardíaca apresentam a Pd_1 normal, com aumento apenas da Pd_2. Nestes casos a velocidade de abertura DE é normal, estando alterado apenas o movimento telediastólico da mitral. Devido à diminuição da distensibilidade ventricular esquerda há um aumento anormal da pressão intraventricular causada pela entrada adicional de sangue com a contração atrial. Este aumento é capaz de igualar a pressão do VE com a atrial mais precocemente que o normal, o que faz com que a valva mitral comece a se fechar logo após o início da contração atrial, ou seja, o ápice da onda A ocorre prematuramente no ecocardiograma desta valva. Como a pressão ventricular se equaliza com a pressão atrial mais cedo, a valva mitral pode apresentar um platô no seu segmento AC, permanecendo semi-aberta até o início da contração ventricular, formando o chamado ponto B,(113,114) como visto na Fig. 6.26. Durante o período de formação do ponto B é comum a presença de regurgitação mitral diastólica (115). O ponto C também está retardado, pois é necessário mais tempo para o VE aumentar a sua pressão a ponto de superar a pressão atrial e fechar a valva. Como resultado destes fenômenos, o intervalo de tempo

entre o ápice de A ao fechamento mitral (ponto C) aumenta.(113) Já que o intervalo de tempo entre o ápice de A ao ponto C (AC) depende também do tempo de condução atrioventricular, ele deverá ser subtraído do intervalo PR do eletrocardiograma. O tempo PR-AC resultante é normalmente maior que 0,06 s.(60,113) Konecke et al.(113) mostraram que quando a pressão diastólica final do VE for maior que 20 mm Hg, com um componente atrial maior que 8 mm Hg, o intervalo PR-AC será menor que 0,06 s. Este intervalo porém não é totalmente confiável,(116) já que além do aumento da Pd_2, ele é dependente também da contração ventricular esquerda, podendo estar diminuído quando houver uma redução da contratilidade do VE, mesmo estando a Pd_2 normal. Além disto, pacientes com intervalo PR curto apresentam o PR-AC anormal independente da Pd_2. Em um estudo em nosso laboratório(117), não notamos relação entre estas anormalidades de movimento da valva mitral e a Pd_1 ou a Pd_2 e sim com o grau de disfunção sistólica do VE.

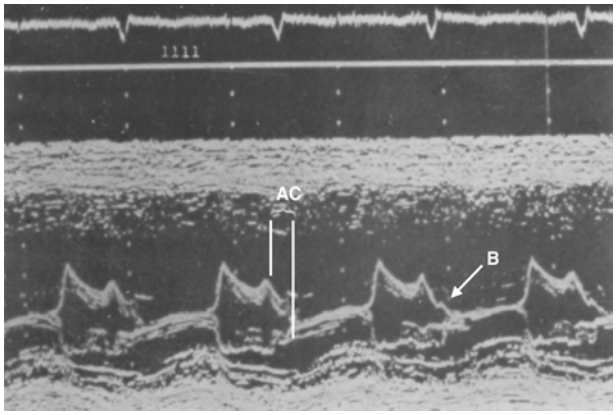


Fig. 6.26 - Valva mitral apresentando modificações em seu fechamento indicadoras de elevação da pressão diastólica final (Pd_2) do ventrículo esquerdo. O fechamento da mitral está retardado, aparecendo um entalhe (ponto B) entre a onda A e o fechamento valvar. O intervalo de tempo entre o ápice da onda A e o fechamento da valva (AC), quando subtraído do intervalo PR do ECG, se encontra menor que 0,06 s nos pacientes com Pd2 acima de 20 mm Hg.

Alteração do movimento e abaulamento do septo interatrial

O posicionamento relativo às cavidades atriais e o movimento do septo interatrial é um indicador da diferença de pressão entre o AD e o AE (118) e pode ser analisado fielmente por um eco transesofágico transverso a partir do esôfago distal. Normalmente a pressão atrial esquerda supera a direita durante a telediástole e a telessístole, sendo variável na mesossístole. Em concordância com a variação pressórica AE-AD, o septo interatrial forma um arco abaulando-se para o interior do AD durante a contração atrial, na mesossístole seu abaulamento é variável mas retorna para o AD na telessístole (Fig. 6.27).

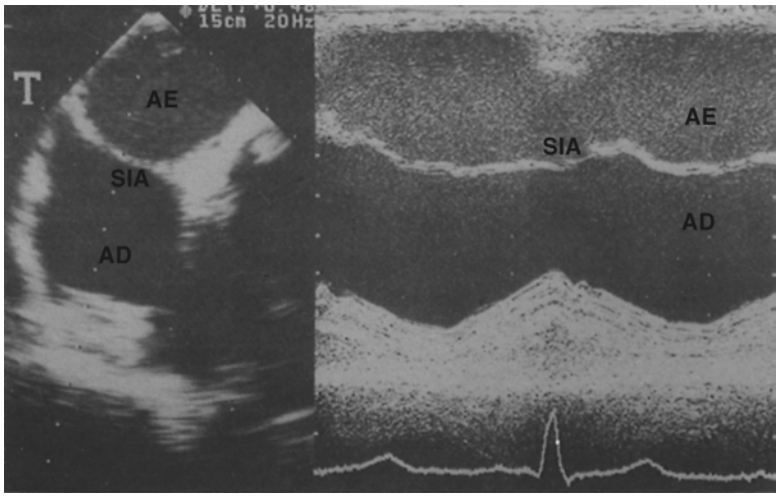


Fig. 6.27 - Movimento do septo interatrial ao eco unidimensional(vide texto).

Este deslocamento do septo interatrial é melhor notado com as imagens bidimensionais (Fig. 6.28), já que ao eco unidimensional, durante a contração atrial, tem-se a impressão de que o septo desloca-se para o interior do AE devido simplesmente ao movimento de todo o coração em direção posterior neste momento, aproximando-se do transdutor.

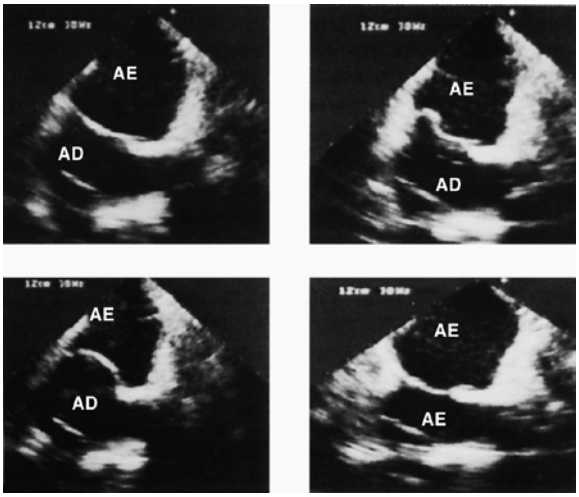


Fig. 6.28 - Movimento do septo interatrial ao eco bidimensional.

Nos pacientes com respiração mecânicamente assistida, durante a fase expiratória há um aumento do volume sangüíneo que chega às cavidades direitas o que produz deslocamento acentuado do septo interatrial para o interior do AE na mesossístole quando a pressão no AE for inferior a 15 mmHG (Fig. 6.29). Caso haja abaulamento mesossistólico para o interior do AE também durante a fase inspiratória, a pressão nesta cavidade encontra-se abaixo de 10 mmHg. Naturalmente esta análise somente é válida se não houver regurgitação

tricúspide importante, do contrário a pressão no AD pode estar muito elevada na mesossístole, produzindo abaulamento septal para o AE mesmo com pressão no AE maior que 15 mmHg. A regurgitação mitral importante mantém o septo abaulado para o AD durante a sístole, mesmo quando a pressão diastólica final do AE estiver abaixo de 15 mmHg. Independente de estar o paciente em respiração assistida ou não, o deslocamento mesossistólico do septo interatrial para o AE, na ausência de regurgitação tricúspide, aparenta ser um excelente indicador de que a pressão no AE está normal.

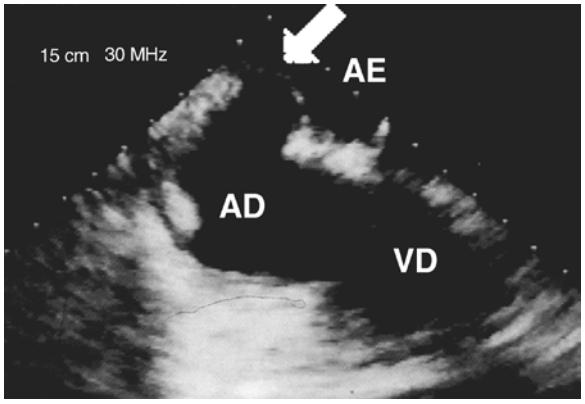


Fig. 6.29 - Grande abaulamento do septo interatrial (seta) para o interior do AE durante a fase expiratória de um paciente em respiração mecânica assistida com pressão normal no AE.

Área sob o Folheto Anterior da Mitral

Uma forma de avaliar o fluxo volumétrico do sangue através da mitral é pela planimetria da área sob este folheto ao ecocardiograma unidimensional(119,120) como mostra a Fig. 6.30. Esta área medida até um determinado tempo, quando comparada com a área durante toda a diástole, indica o percentual de volume sangüíneo que passou através da mitral até este tempo. Nos indivíduos normais, um grande volume de sangue passa através da mitral durante o início da diástole, no período de enchimento rápido do VE, e esta área medida no terço inicial é maior que 55,3 $\pm$ 9,3 %. Nos pacientes com redução do relaxamento, a maior parte do sangue chega ao VE nos 2/3 finais da diástole(107) e a área sob o folheto anterior da mitral no 1/3 inicial da diástole é menor que 43 $\pm$ 8,6%.(120).

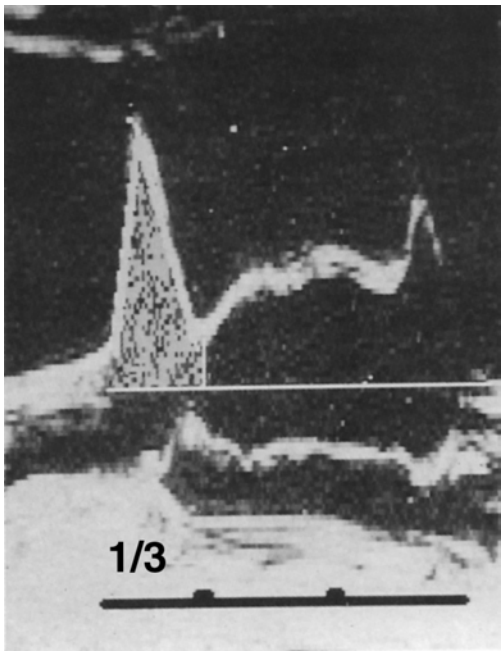
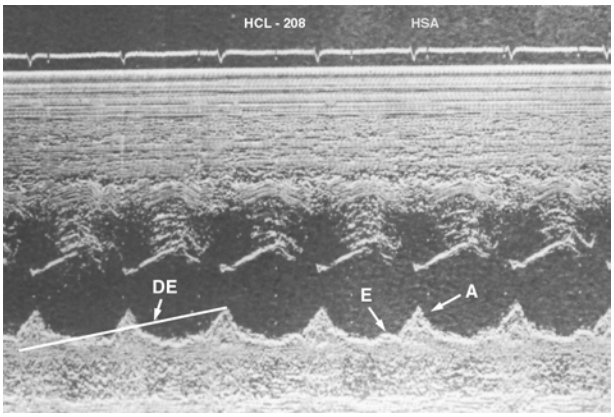


Fig. 6.30 - Avaliação da área sob o folheto anterior da mitral. A área durante o terço inicial da diástole é comparada com a área dos 2/3 finais.

Movimento da Parede Posterior do Átrio Esquerdo

Como mostrado anteriormente no Cap. 2, o movimento existente na parede posterior do átrio esquerdo, na região do anel mitral, traduz o enchimento ventricular esquerdo. Logo, as alterações do movimento da parede atrial esquerda durante a diástole podem indicar anormalidades do enchimento ventricular.(121,122) A diminuição do relaxamento do VE altera o enchimento desta cavidade, fazendo com que ele seja mais pronunciado no final da diástole com o auxílio da contração atrial do que no início, ou fase de enchimento rápido, como normalmente.(107) Nestes casos, o ecocardiograma da parede posterior do átrio esquerdo mostra que a velocidade DE se faz mais lentamente (velocidade DE < 50 mm/s), com redução do tamanho da onda E (E < 3 mm).(121) Já que o enchimento do VE torna-se mais acentuado com a contração atrial, há um aumento de amplitude da onda A (A > 10mm) (121) como visto na Fig. 6.31. A diminuição de E com um aumento da onda A faz com que o índice E/A nos casos anormais seja menor que 0,5.(121)



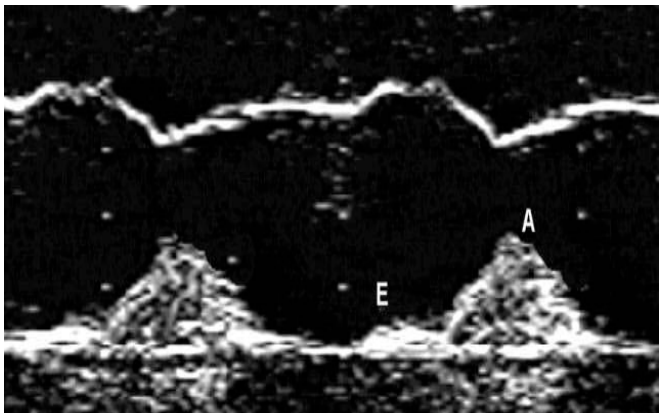
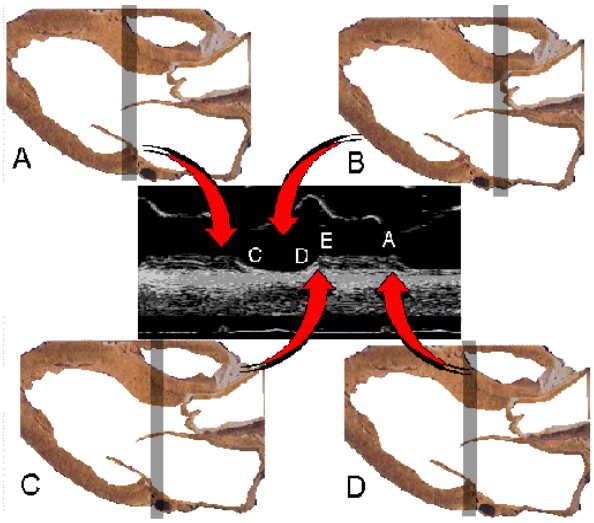


Fig. 6.31 - Movimento da parede posterior do AE em pacientes com diminuição do relaxamento do ventrículo esquerdo. Nota-se redução acentuada da amplitude da onda E e aumento da onda A. A velocidade DE também encontra-se diminuída.

Para entender a razão destas anormalidades no eco unidimensional do movimento da parede posterior do AE, será necessário que o leitor retorne ao Capítulo 2 (Fig. 2.41 – repetida abaixo), onde se vê que um VE que tenha relaxamento normal se enche principalmente durante o 1/3 inicial da diástole.



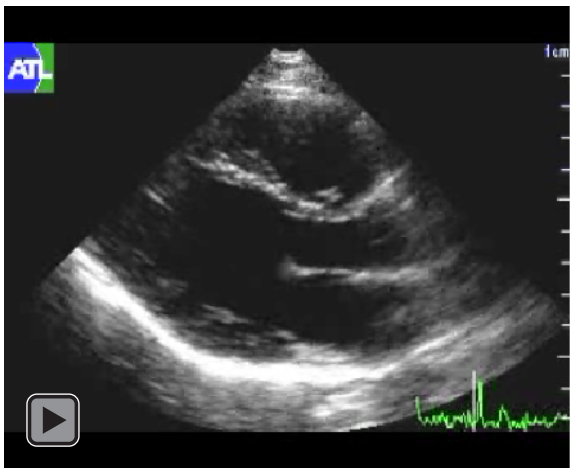


Fig. 2.41 - O registro do eco unidimensional da região do sulco atrioventricular é o somatório do movimento da parede em direção ao transdutor quando ela se contrai e seu deslocamento em direção ápico-basal (vide texto).

Portanto, após a contração do VE e abertura da mitral, a elevação onde se insere o folheto posterior da mitral retorna rapidamente à sua posição inicial, antes da sístole ventricular.(123) Isto produz uma onda E bem evidenciável, já que o feixe unidimensional, estacionário, retorna à sua posição perto do cume da elevação. Quando houver diminuição do relaxamento do VE (Fig. 6.32), durante a sístole o movimento é semelhante ao normal, já que depende apenas da contratilidade do VE.

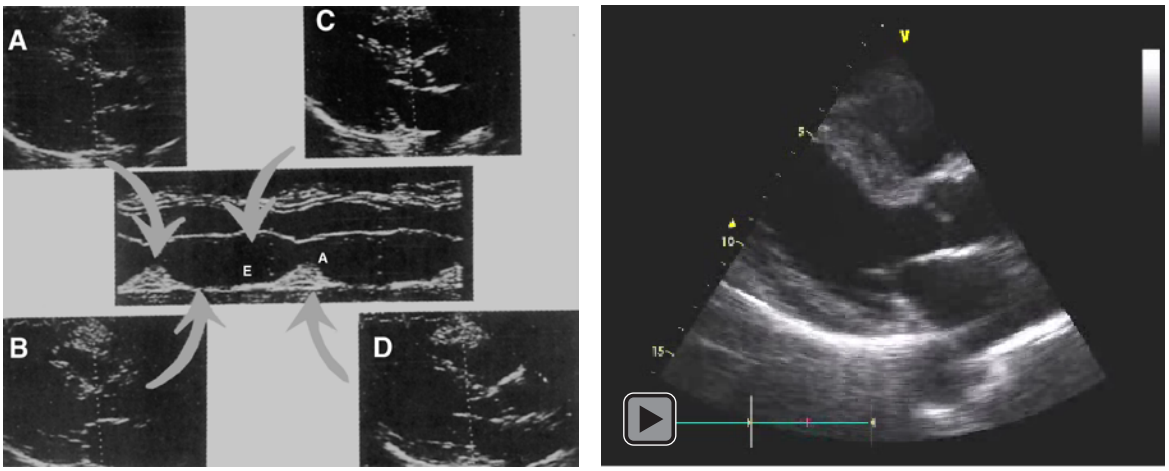
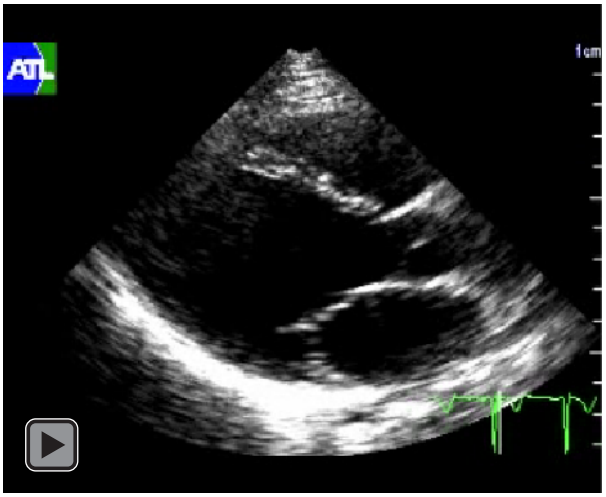


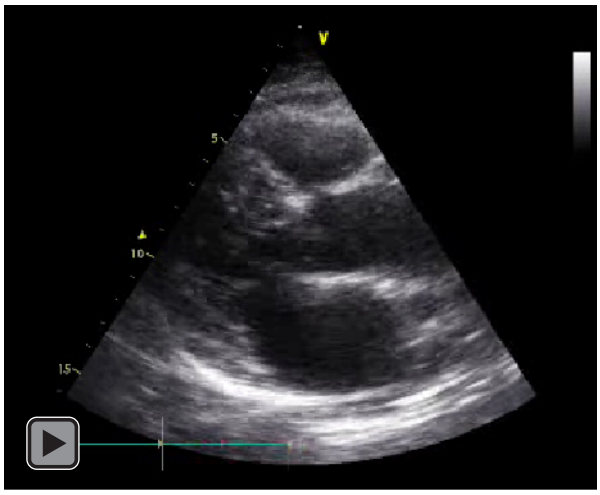
Fig. 6.32 - Movimento anormal da parede posterior do AE (vide texto).

Há uma tração ativa da região do anel mitral em direção ao ápice com deslocamento desta elevação e, portanto, o feixe ultra-sônico que antes estava no cume da elevação (A) agora está mais para o interior do AE, o que produz um movimento em direção posterior da parede atrial ao ecocardiograma (B). Durante o 1/3 inicial da diástole, ou seja, na fase de enchimento passivo do VE, esta cavidade não se relaxa facilmente e, portanto, entra menos sangue em seu interior neste período. Ora, a região do anel mitral que havia sido tracionada ativamente em direção ao ápice durante a sístole, retorna para a sua posição inicial lentamente à medida que o VE se relaxa e enche. Como há pouco enchimento ventricular no 1/3 inicial da diástole, o retorno do anel será discreto e o feixe ultra-sônico que antes estava longe da elevação estará agora apenas na sua base, ainda distante do cume. Isto produz uma onda E pequena, ou mesmo ausente, se o retorno do anel não for bastante para situar o feixe ultra-sônico na base da elevação (C). A contração atrial esquerda é que produz um maior enchimento do VE nestes casos, e o anel mitral retorna completamente para a sua posição inicial antes da sístole. Com este retorno, o feixe ultra-sônico que estava apenas na base da elevação, encontra-se agora em seu cume, produzindo uma onda A com tamanho normal ao ecocardiograma (D). Reparem que a anormalidade mais patente no movimento da parede posterior do AE é durante o início da diástole com diminuição da velocidade DE e da amplitude da onda E. A onda A freqüentemente tem tamanho normal ou está levemente

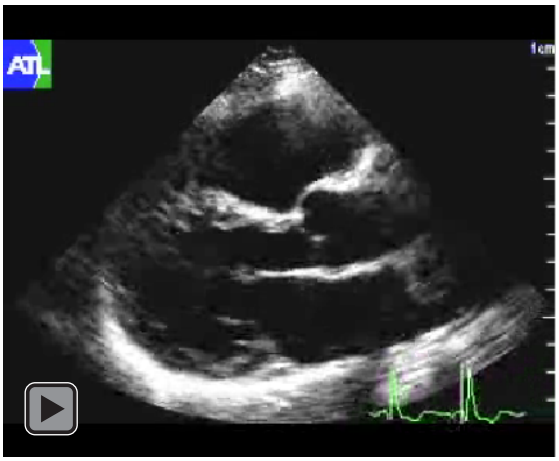
aumentada quando houver uma contração vigorosa desta parede durante a sístole atrial, num movimento que se faz em direção ao transdutor.

Rotineiramente, estas alterações no movimento do anel mitral posterior podem ser fácilmente apreciadas ao eco bidimensional, não necessitando de registro unidimensional para um observador experiente. Basta notar a demora do movimento de retorno do anel logo no início da diástole.





Filmes demonstram o retorno normal do anel mitral durante o início da diástole (logo após a abertura mitral).



Filmes demonstram a diminuição do retorno do anel mitral durante o início da diástole (logo após a abertura mitral). O retorno à posição imediatamente antes do início da sístole se faz agora principalmente com a contração atrial.

Índice de Esvaziamento Atrial Esquerdo

Este índice indica a fração do esvaziamento atrial esquerdo que ocorre no 1/3 inicial da diástole, durante a fase de enchimento rápido do VE.(124,125) Seu cálculo é feito em um eco unidimensional da raiz aórtica (Fig. 6.33) medindo-se o período de tempo entre o ponto mais anterior da parede posterior da aorta e o início do movimento posterior devido à contração atrial. A excursão da parede posterior da aorta durante o 1/3 inicial deste período é então comparada com a excursão total durante este período. Em condições normais a excursão praticamente se faz toda no 1/3 inicial (índice > 0,7) e quando há diminuição do relaxamento do VE a excursão inicial é bem menos acentuada (índice < 0,7) como visto na Fig. 6.34.

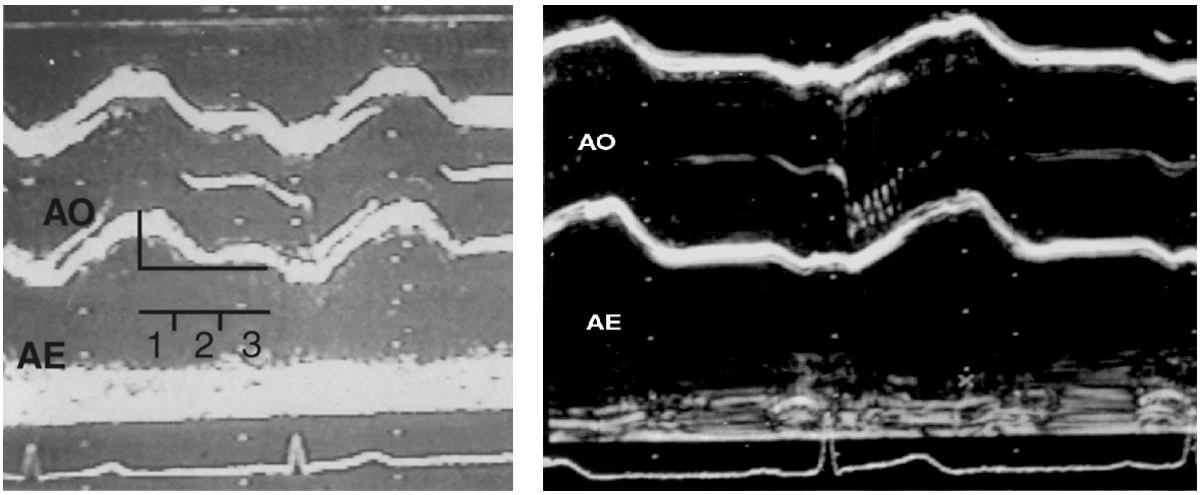


Fig. 6.33 - Medida do índice de esvaziamento atrial esquerdo. Avalia-se a amplitude de deslocamento posterior da parede posterior da aorta durante o 1/3 inicial do período que vai do ponto mais anterior desta parede até o início do deslocamento posterior devido à contração atrial.

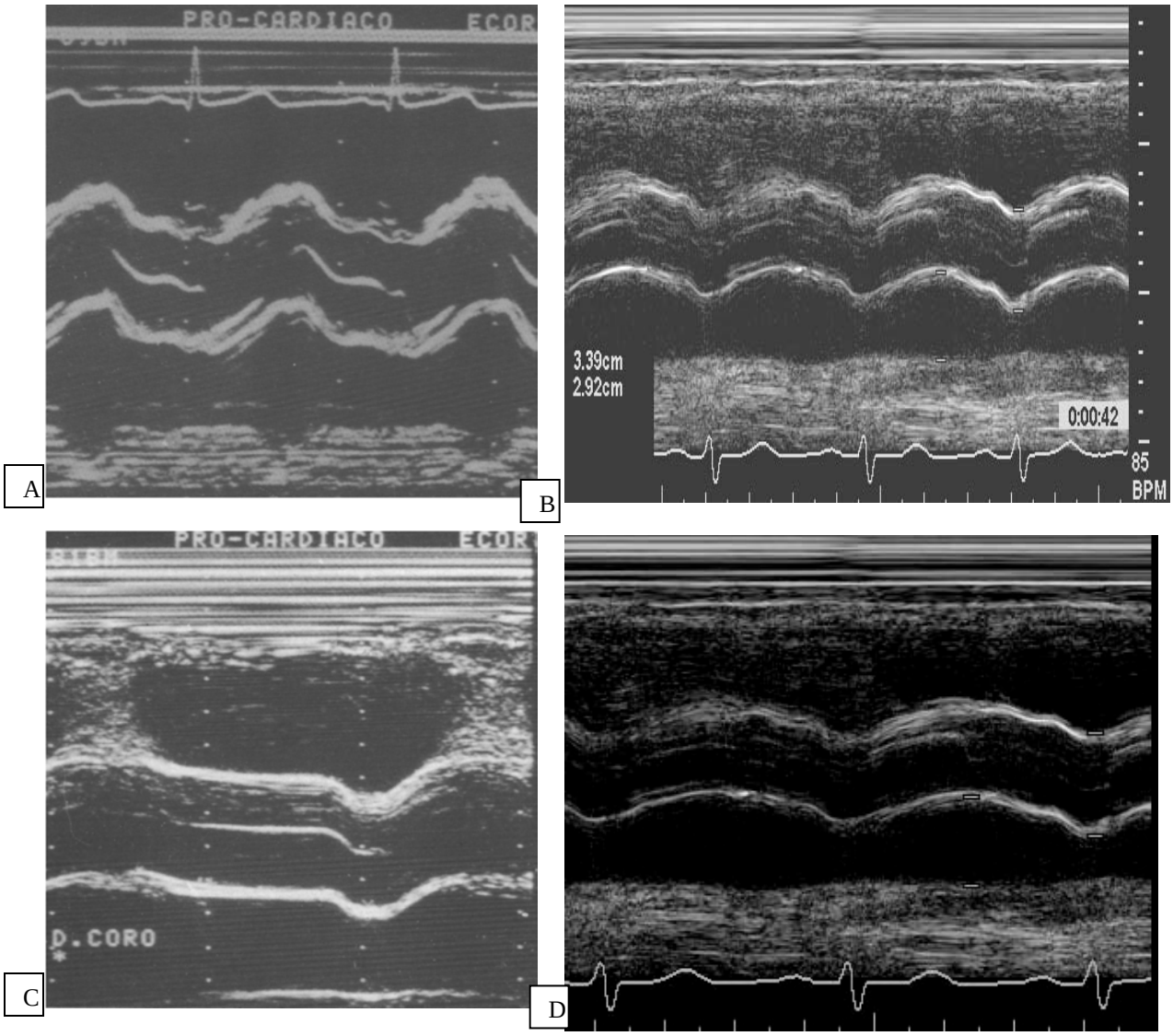


Fig. 6.34 - *A*, Índice de esvaziamento atrial normal. Notem que a aorta se desloca posteriormente com grande intensidade logo no início da diástole. *B*, C e D, Índice de esvaziamento anormal. Logo no início da diástole o movimento em direção posterior da aorta é mínimo, e somente se torna amplo com a contração atrial.

Tempo de Relaxamento Isovolumétrico

O tempo de relaxamento isovolumétrico do VE (TRIV) corresponde ao intervalo de tempo entre o fechamento da valva aórtica e a abertura da mitral, sendo um indicador do relaxamento do VE.(126) Em aparelhos capazes de mostrar dois ecos unidimensionais simultâneos obtidos em diferentes locais, o TRIV pode ser medido diretamente como o intervalo de tempo entre o

fechamento aórtico, visto em um dos ecos unidimensionais demonstrados, e a abertura mitral, analisada no outro eco simultâneo (Fig. 6.35).

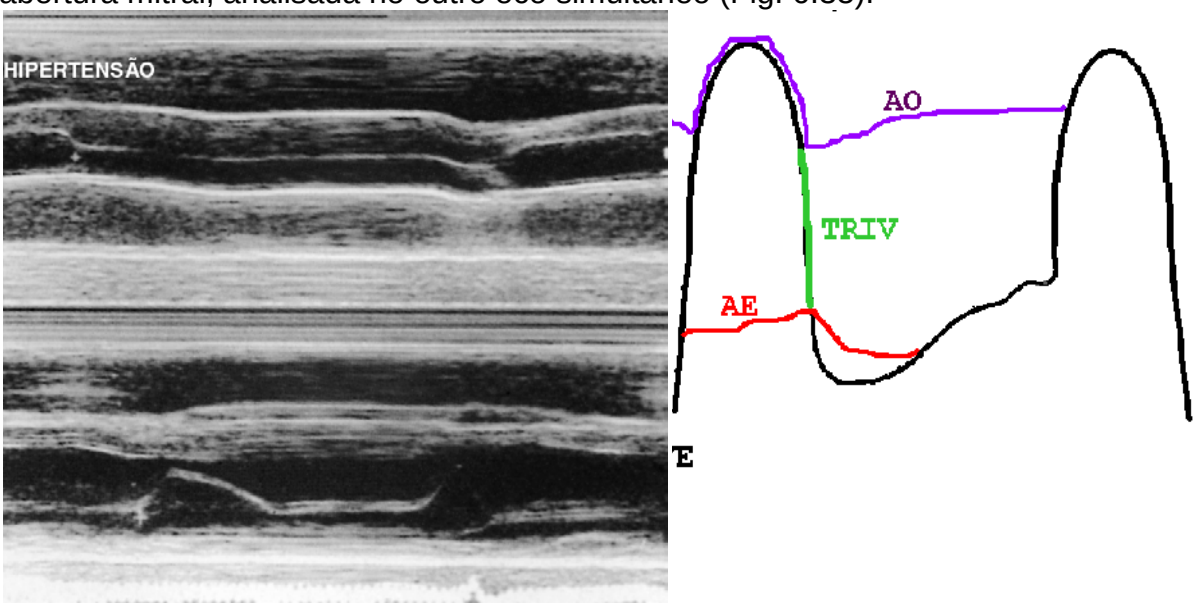


Fig. 6.35 - Análide do tempo de relaxamento isovolumétrico (TRIV) medico como o intervalo de tempo entre o fechamento da valva aórtica e a abertura da mitral.

Um outro modo é medindo o tempo decorrido entre o ápice do movimento sistólico anterior da parede posterior do VE (que corresponde ao momento de fechamento da valva aórtica) e a abertura da valva mitral (Fig. 6.36).

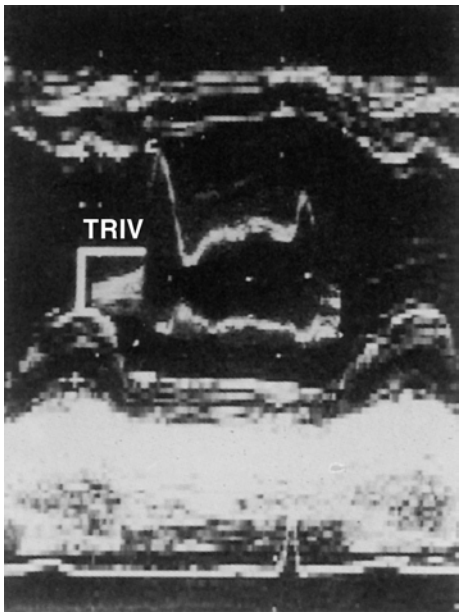


Fig. 6.36 - Medida do tempo de relaxamento isovolumétrico do VE (TRIV). O TRIV corresponde ao tempo decorrido entre o ponto mais anterior da parede posterior do VE durante a sístole e a abertura da mitral.

Mais freqüentemente o TRIV é medido usando-se o Doppler, como veremos adiante. Normalmente encontra-se ao redor de 0,06s e está aumentado quando houver redução do relaxamento do VE. O problema desta medida é que ela é muito dependente da pressão arterial diastólica e da pressão no átrio esquerdo. Assim, uma redução da pressão arterial ou um aumento da pressão no interior do AE podem diminuí-lo. Importante notar que uma piora do relaxamento do VE, com conseqüente aumento da pressão atrial esquerda e abertura mais precoce da mitral, diminuirá este tempo dando a falsa impressão de melhora do paciente.