

AutoStrain VE/VD/AE

Medições automatizadas da deformação longitudinal

Verena Roediger, PhD, Gerente de Produto, TOMTEC

Visão geral

O strain longitudinal global (GLS) medida pela ecocardiografia é cada vez mais reconhecida como uma técnica mais eficaz que a fração de ejeção (FE) convencional na detecção de alterações na função do ventrículo esquerdo (VE) e na previsão de resultados.^{1,2} É especialmente importante no monitoramento de pacientes com câncer submetidos a quimioterapia, permitindo que o tratamento seja ajustado. Também é importante que essa medida do GLS ocorra de maneira rápida e reproduzível diretamente no sistema de ultrassom, para que possa ser aplicada à prática clínica cotidiana.

A TOMTEC possui um longo histórico de fornecimento de medições de strain com seus softwares, que são bem reconhecidos e aceitos por usuários clínicos e comprovados por centenas de publicações em periódicos. O AutoStrain é o primeiro aplicativo da TOMTEC integrado ao sistema de ultrassom Philips EPIQ CVx. O AutoStrain, desenvolvido com Reconhecimento e Posicionamento Automático do contorno e rastreamento de bordas, permite uma medição robusta e reproduzível do GLS com um botão, tornando-o uma ferramenta eficiente para uso clínico de rotina.

A avaliação do strain para a função do átrio esquerdo (AE) e do ventrículo direito (VD) é uma área clínica mais recente. O AutoStrain AE e o AutoStrain VD seguem em conformidade com a padronização da Speckle Task Force³. Com base em seu fluxo de trabalho rápido e fácil, o AutoStrain disponibiliza essas medições para a prática clínica de rotina.

Automação

O aplicativo AutoStrain utiliza duas tecnologias de automação: Reconhecimento e Posicionamento Automático do Contorno de bordas. Embora a implementação dessas ferramentas de automação conduza um fluxo de trabalho simples e rápido para medições robustas e reproduzíveis, o usuário mantém a capacidade de editar e substituir a automação para garantir boas práticas clínicas.

Reconhecimento de Visualização Automático

O Reconhecimento de Visualização identifica automaticamente qual imagem selecionada é a apical de 4 câmaras (A4C), apical de 2 câmaras (A2C) e apical de 3 câmaras (A3C) e atribui de forma automática os rótulos às imagens selecionadas. O rótulo é mostrado na imagem como uma sobreposição esquemática, como mostrado (**Figura 1**). O algoritmo foi validado em mais de 6.000 imagens clínicas com uma taxa de sucesso de 99%. Isso significa que apenas 1 em cada 100 casos exigirá intervenção manual.

Posicionamento Automático do Contorno

Um módulo de detecção de contorno especializado para a respectiva visualização apical é aplicado a cada uma das três sequências de imagens e opera em três etapas. Primeiro, um ciclo R-R completo - início da diástole final (ED) ao fim do ED - é selecionado em cada sequência. Em segundo lugar, no quadro inicial de ED desse ciclo, o ventrículo esquerdo (VE) é localizado automaticamente. Terceiro, um modelo de contorno endocárdico deformável específico da vista é alinhado ao conteúdo da imagem individual (**Figura 2**).

A mesma abordagem é aplicada ao VD (**Posicionamento Automático do Contorno**), enquanto o contorno do AE é colocado no quadro sistólico da extremidade (ES). (**Figuras 3 e 4**).

Rastreamento de bordas

Uma vez que a borda endocárdica é colocada automaticamente em ED (VE, VD) ou em ES (AE), ela segue o movimento cardíaco usando rastreamento de bordas ao longo de todo o ciclo cardíaco.

Na etapa de Rastreamento de Revisão e Análise do Fluxo de Trabalho, o usuário tem todas as medidas exibidas junto com as bordas ED e ES ao lado de uma exibição dinâmica de todas as visualizações para verificar facilmente se as bordas estão posicionadas e rastreadas corretamente.

Se a edição de borda for necessária, é altamente recomendável iniciar a edição no ED. A edição da borda no ED desencadeia um novo rastreamento de bordas ao longo do ciclo cardíaco. Ao editar ES, as edições são propagadas para os quadros subsequentes, mas na ED permanece intocada.

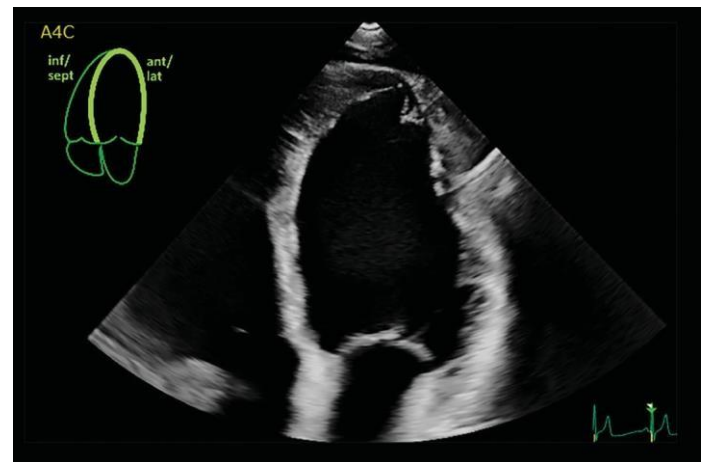


Figura 1 O gráfico de visualização e a etiqueta são mostrados na imagem 2D.



Figura 2 Visão focalizada em VE com Posicionamento Automático do Contorno.

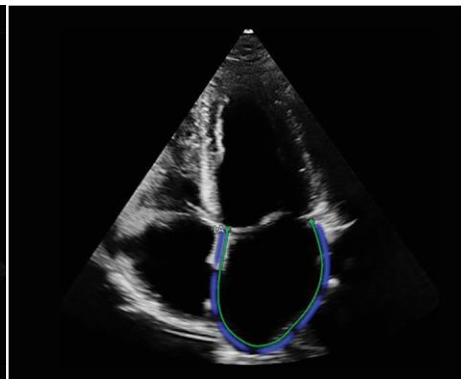


Figura 3 Visão focalizada em AE com Posicionamento Automático do Contorno.

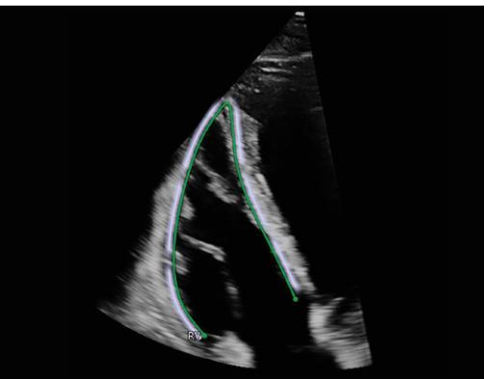


Figura 4 Visão focalizada em VD com Posicionamento Automático do Contorno.

Medição do Strain

Ventrículo Esquerdo (VE)

O strain longitudinal é medido na borda endocárdica, conforme indicado pela linha verde. A deformação endocárdica instantânea é visualizada por código de cores próximo à borda endocárdica.

Os valores de deformação segmentar são exibidos em um gráfico de 18 segmentos. O usuário pode selecionar o strain sistólico final (ESS) ou strain sistólico de pico (PSS) a serem exibidas nas configurações.

Os valores segmentares também podem ser exibidos nas três imagens apicais. A Speckle Task Force da ASE e da EACVI recomenda o relato do ESS,³ no entanto, o PSS - o valor de pico durante a sístole - foi estabelecido como um parâmetro de relatório adicional.

O quadro ED é sempre o primeiro quadro no ciclo cardíaco selecionado. O ponto de tempo do ES é definido automaticamente como o ponto de tempo da deformação de pico global. Ele pode ser ajustado de acordo com o tempo de fechamento da válvula aórtica (FVA) no layout do FVA.

O GLS é calculado com o strain global da borda endocárdica. É definido como um valor de pico e, portanto, independente do FVA, como mostrado (Figura 5).

Ventrículo direito (VD)

Com base na deformação do contorno endocárdico verde, a deformação longitudinal é calculada para a parede livre (RVFWSL), o contorno global de 4 câmaras (RV4CSL) e os três segmentos de parede livre.

Átrio esquerdo (AE)

O ciclo cardíaco do AE consiste em três fases: a fase do reservatório vai do ED ao ES. A fase de condução termina no ponto de tempo imediatamente antes da contração atrial (CA) - também designada como fase PreA. E, a fase de contração completa o ciclo cardíaco. As medições de deformação do AE são visualizadas na

Figura 6.

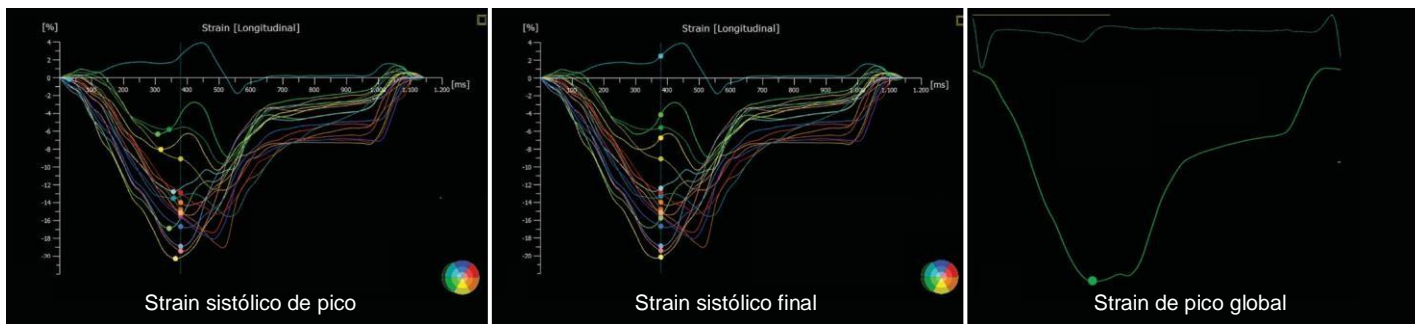


Figura 5 Curvas de strain segmentar e valores de strain segmentar exibidos nas tensões sistólica de pico e sistólica final. O GLS no pico de tensão é visualizado com a curva de tensão global.

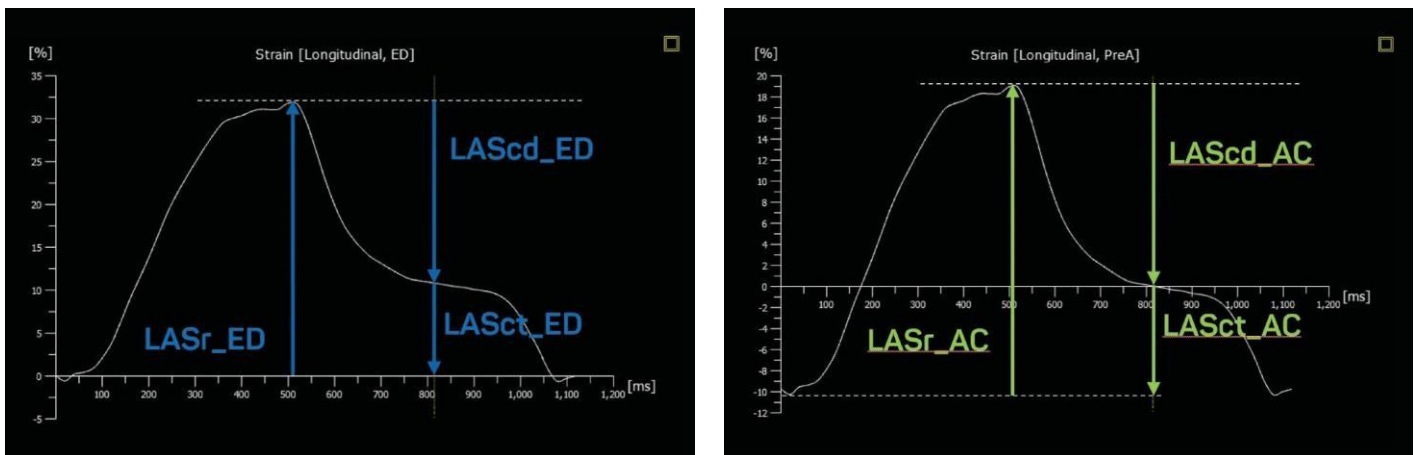


Figura 6 Medições do strain do AE com de tempo de referência em ED (esquerda) e em PreA (direita) para o strain de reservatório (LASr), strain de condução (LAScd) e strain de contração (LASct).

Exibição do Bulls-eye

O bulls-eyes é uma visualização abrangente de todo o ventrículo esquerdo com base nas visualizações A4C, A2C e A3C. O AutoStrain mostra a deformação longitudinal sistólica de pico ou a deformação longitudinal sistólica final e o tempo para a deformação longitudinal de pico em dois gráficos em 18 segmentos (**Figura 7**). No maior tempo de pico, o branco representa o ponto de tempo sistólico final. O Azul significa que os segmentos atingem seu pico de deformação longitudinal antes de ES, enquanto vermelho significa que os segmentos atingem o mínimo de strain pós ES.

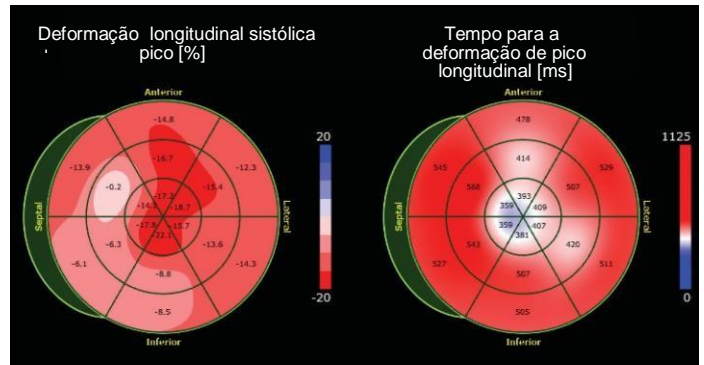


Figura 7 Bulleyes do AutoStrain resumindo as medições de strain do 4C, 3C, E 2D

Validação

A validação do AutoStrain VE foi feita em comparação com a aplicação TOMTEC 2D CPA bem aceita, com 225 cliques analisados com CPA 2D e reavaliados com o AutoStrain VE usando definições de borda e correções manuais consistentes sempre que necessário nos dois pacotes, com os resultados mostrados em **Figura 8**.

Para a validação do AutoStrain AE, a deformação do reservatório do AE com quadro de referência em ED (LASr_ED) foi comparada ao CPA 2D usando 71 cliques. O AutoStrain VD comparou a deformação longitudinal global de 4 câmaras do VD (RV4CSL) em 75 cliques com as correspondentes medições de CPA 2D. Os resultados são mostrados na **Figura 9**.

Número de amostras de teste	225
Média de GLS 2D CPA	-16.18 %
Média de GLS AutoStrain	-16.22 %
Viés	+0.03 %
Desvio padrão	0.81 %
Limites de concordância	±1.59 %

Inclinação de regressão ortogonal	1,00
Intercepção y da regressão ortogonal	-0.01 %
Coefficiente de correlação	0.98

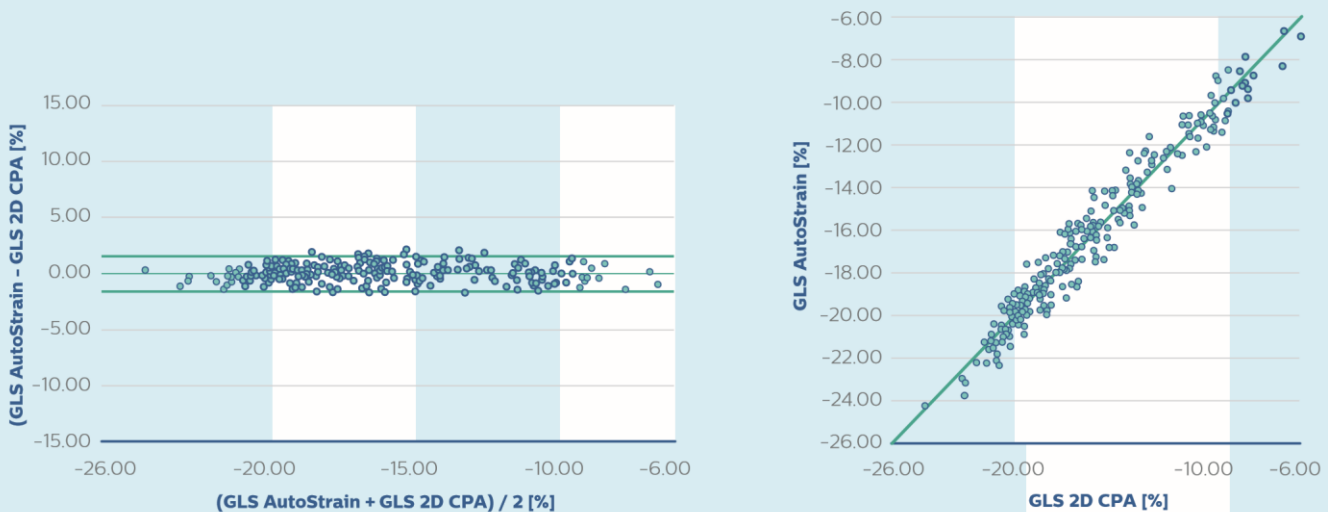
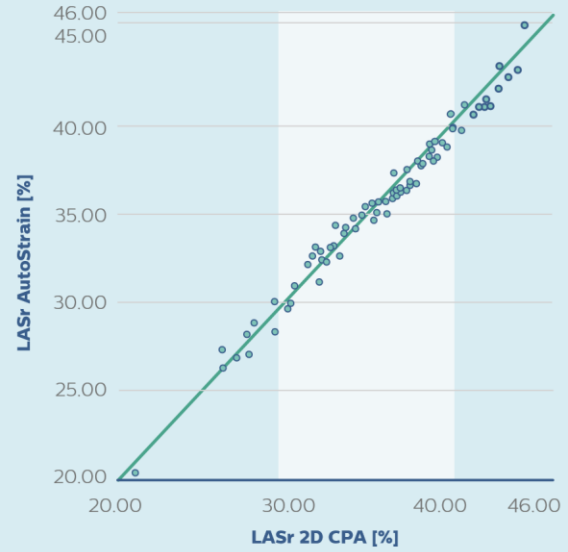
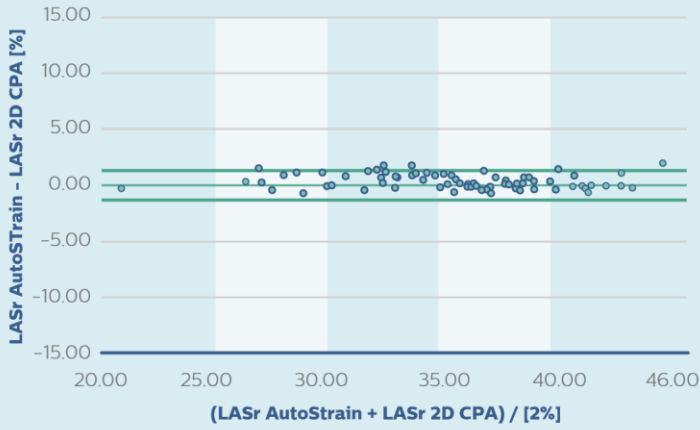


Figura 8 Gráficos de Bland-Altman e regressão ortogonal comparando o AutoStrain e 2D CPA.

Média de LASr 2D CPA	35.56 %
Média de LASr AutoStrain	35.71 %
Viés	+0.16 %
Desvio padrão	0.65 %
Limites de concordância	±1.27 %

Inclinação de regressão ortogonal	0.98
Intercepção y de regressão ortogonal	0.80 %
Coefficiente de correlação	0.99



Média de RV4CSL 2D CPA	-21.62 %
Média de RV4CSL AutoStrain	-21.33 %
Viés	+0.28 %
Desvio padrão	0.46 %
Limite de concordância	± 0.91%

Inclinação de regressão ortogonal	0.98
Intercepção y da regressão ortogonal	-0.10
Coefficiente de correlação	0.98

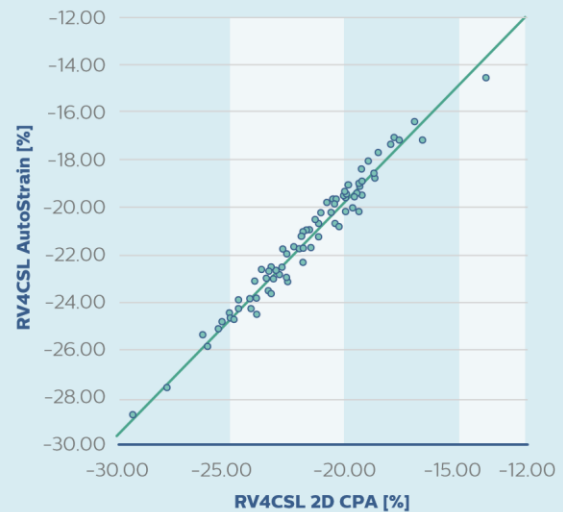
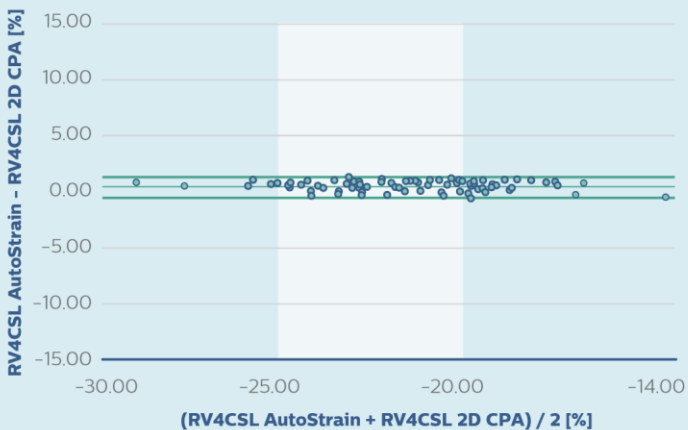


Figura 9 Gráficos de Bland-Altman comparando LASr_ED (acima) e RV4CSL (inferior) medidos com o AutoStrain e 2D CPA.

Robustez

Assim como a deformação no miocárdio varia regionalmente, o GLS mostra interdependência com a colocação inicial do contorno. Para avaliar a reprodutibilidade do rastreamento do Autostrain, foi avaliada a influência dos ajustes manuais do contorno endocárdico inicial. Com base em 225 contornos revisados pelo usuário, os refinamentos manuais foram simulados por uma leve modificação de todas as posições originais dos pontos (a uma distância de ± 2 pixels). As medições do GLS resultantes foram comparadas com as leituras originais com os resultados mostrado na figura 10.

Média de GLS de dados de referência	-16.42 %
Média de GLS de dados perturbados	-16.40 %
Viés	+0.02 %
Desvio padrão	0.22 %
Limite de concordância	±0.44%

Inclinação de regressão ortogonal	1,00
Intercepção y de regressão ortogonal:	-0.01 %
Coefficiente de correlação	0,98

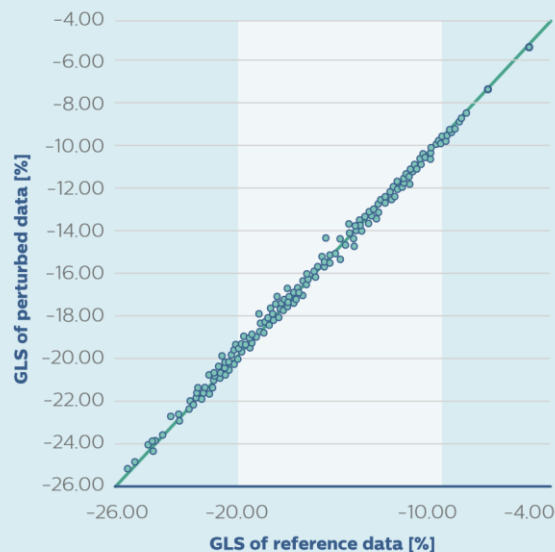
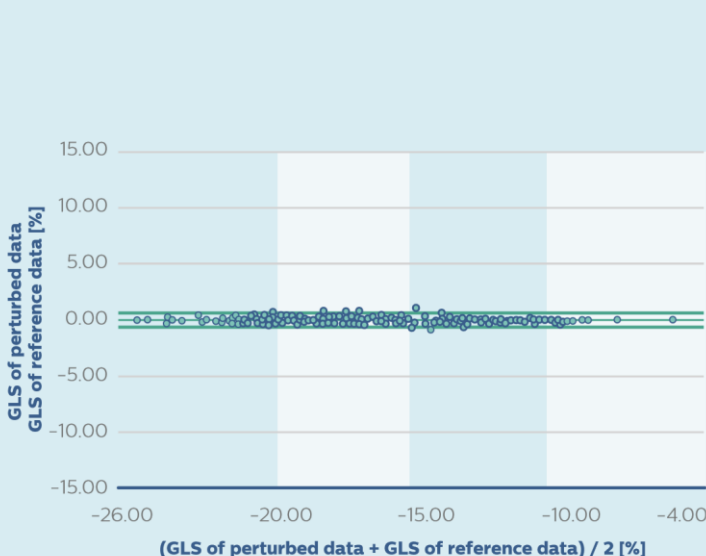


Figura 10 Gráfico de Bland Altman e regressão ortogonal mostrando a variação de GLS, quando o contorno de ED é modificado dentro de uma faixa de ± 2 pixels.

Perguntas frequentes

Quais são as visões apicais a serem adquiridas para medições ideais de deformação do VE, AE e VD?

De acordo com as recomendações da ASE para quantificação da câmara cardíaca, as vistas focadas em VE, AE e VD devem ser adquiridas e usadas para quantificações de VE, AE e VD. Assim, a profundidade e o ângulo devem ser ajustados para mostrar o tamanho máximo de VE, AE e VD (**Figuras 2-4**).

A medição do strain é comparável entre o AutoStrain e a Quantificação Automática de Movimento Cardíaco^{A.1} (aCMQ^{A.1})?

O cálculo de deformação longitudinal global seguindo o método do comprimento da linha é o mesmo no aCMQ^{A.1} e no AutoStrain. O GLS é comparável se a posição da borda nos quadros ED e ES for comparável. No entanto, a recomendação das diretrizes de quantificação da câmara do ASE é usar o mesmo software para um estudo em série.

Os resultados são consistentes ao usar o AutoStrain no EPIQ ou no QLAB e no TOMTEC-ARENA?

Os resultados de contornos, GLS e do bulls-eye são idênticos nos sistemas de ultrassom e no QLAB com dados nativos.

No TOMTEC-ARENA, o AutoStrain é integrado no IMAGE-COM. Os mesmos algoritmos são aplicados, mas o TOMTEC-ARENA usa imagens JPG DICOM. O AutoStrain no QLAB também pode analisar imagens JPG DICOM. Os resultados de GLS da análise de dados nativos e da análise de imagens JPG DICOM são comparáveis.

O AutoStrain pode medir o GLS na camada média do miocárdio ou epicárdio?

O AutoStrain mede a deformação longitudinal ao longo do endocárdio, prática clínica amplamente aceita.

O software rastreia toda a espessura do miocárdio?

O rastreamento é aplicado em todo o miocárdio. Com base no padrão de deformação, o contorno verde exibido é calculado, o que, por sua vez, forma a base para medições derivadas.

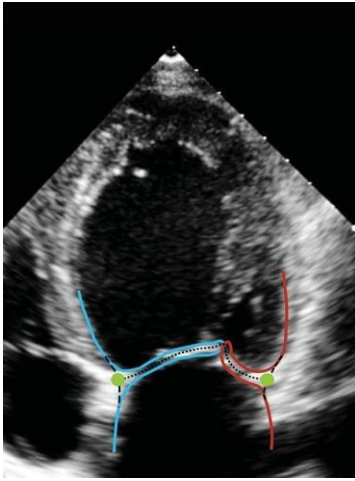


Figura 11 Visualização esquemática do anel mitral. A linha pontilhada central do folheto anterior (azul) e posterior (vermelho) cruza-se com uma junção contínua tracejada da borda endocárdica do VE e do AE. O anel mitral é assumido neste ponto de interseção (verde).

Como são definidos os pontos de ancoragem basais?

Os pontos de ancoragem basais estão localizados onde os folhetos valvares encontram o miocárdio. Esta localização fornece uma definição consistente para o VE e o AE. Esta localização basal é mostrada (**Figura 11**).

O rastreamento no anel mitral falhou. O que posso fazer?

Quando o rastreamento do anel mitral falhar, tente mover o ponto de ancoragem para uma região mais na direção do segmento intermediário, onde o rastreamento funciona com êxito. Lembre-se de que o quadro ED deve ser editado primeiro para acionar o novo rastreamento.

Presumivelmente, a falha no rastreamento de speckle está relacionada a regiões super saturadas próximas ao anel mitral. Tente reduzir a configuração de ganho durante a geração de imagens para garantir um padrão de speckle suficiente perto da área basal. Além disso, o movimento através do plano deve ser evitado o máximo possível. Portanto, o plano de aquisição deve ser otimizado para cruzar o ápice e o centro da válvula mitral.

É possível excluir segmentos nos quais a qualidade da imagem não é adequada para quantificação?

Os segmentos não podem ser excluídos da medição do GLS porque o cálculo do GLS é baseado no método do comprimento da linha. Se dois ou mais segmentos por visualização não forem rastreados de maneira confiável, os resultados não deverão ser aceitos.

Referências

- 1 Voigt JU, et al., Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. J Am Soc Echocardiogr. 2015;28(2):183-93. doi: 10.1016/j.echo.2014.11.003.
- 2 Biering-Sorensen T, Biering-Sorensen S, Olsen FJ, et al. Global Longitudinal Strain by Echocardiography Predicts Long-Term Risk of Cardiovascular Morbidity and Mortality in a Low-Risk General Population The Copenhagen City Heart Study. Cardiovasc Imaging. 2017;10. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.116.005521.
- 3 Badano LP, et al. Standardization of left atrial, right ventricular, and right atrial deformation imaging using two-dimensional speckle tracking echocardiography: a consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2018 Jun;19(6):591-600. doi: 10.1093/ehjci/jej042.

O software realiza correção de desvio de deformação? E se sim, podemos desativar isso?

O software realiza a correção de desvio. Esta correção de desvio não pode ser desativada.

Avaliando a qualidade da curva de deformação de um segmento, o que se deve procurar?

Há várias características a serem consideradas. A curva de strain de uma região é consistente com as curvas de deformação de regiões adjacentes? A curva de strain longitudinal é consistente com a avaliação visual do movimento endocárdico da região? Para o segmento em questão, a imagem mostra algum movimento incomum? Existem artefatos de imagem próximos ao segmento?

Como a onda R e FVA são definidos e onde a FVA pode ser editada?

A onda R é assumida como o primeiro quadro do intervalo de tempo analisado. O tempo padrão do FVA é o tempo de comprimento mínimo do contorno e, portanto, corresponde ao tempo do pico de GLS. O tempo do FVA pode ser editado no layout do FVA movendo o marcador vertical de FVA para corresponder ao quadro que mostra o fechamento da válvula aórtica na visualização A3C.

AutoStrain AE: Há uma recomendação de como rastrear a parede do AE?

Devido às veias pulmonares e orifícios do apêndice do AE, a parede do AE não é tão lisa quanto a parede do VE. Speckle Task Force¹ recomenda rastrear o AE para extrapolar pelas veias pulmonares e orifícios do apêndice, até o lado oposto do anel mitral.³ Portanto, apenas o GLS deve ser avaliado e o AE não é dividido em segmentos.

AutoStrain VD: por que as medições segmentares são apenas na parede livre?

De acordo com a Speckle Task Force, o strain segmentar do VD deve ser medido apenas na parede livre.³ O strain segmentar septal deve ser avaliado juntamente com o VE. Medições globais estão disponíveis para o RVFWSL e incluem o septo no RV4CSL.

