مبادئ الصدى القلبي Echocardiography

مقدمة: الأمواج فوق الصوتية Ultrasound

- إن تواتر الموجات الصوتية المسموعة عند الإنسان يتراوح بين 20-20000Hz، ومن هذا المنطلق لا تُسمَع الأمواج فوق الصوتية لأن تواترها أكبرمن 20000Hz.
- تسري الأمواج فوق الصوتية في الأوساط المتجانسة خصوصاً الأوساط ذات القوام السائل، فيما ترتد الأمواج فوق الصوتية عن الأجسام الصلبة أو غير المتجانسة. (فكرة هامّة)
- تتحدد دقة الصورة الصدويَّة بتواتر الموجات المرسلة عبر جهاز الإيكو، فكلما زاد التواتر نقص الاختراق وزاد الوضوح والدقة، وكلما نقص التواتر زاد الاختراق ونقص الوضوح والدقة.
- أحد التقنيات المستخدمة في الايكو هو الدوبلر الذي يعتمد على تغير الصوت الصادر عن الأجسام المتحركة المبتعدة أو المقتربة، أيّ أنّ لحن الصوت الصادر من جسم متحرك يتغير بالنسبة إليك سواء كان الجسم مبتعداً عنك أو مقترباً منك[1].

لاقط جهاز الصدى (الإيكو)

- ✓ إن الأداة الأساسية في جهاز الإيكو هي المجس أو اللاقط Probe، الذي يقوم بتحويل الطاقة الكهربائية التي تصله إلى موجات فوق صوتية يرسلها بشكل نبضي أو مستمر، لتعبر هذه الموجات كل النسج التي تواجهها في طريقها وتتفاعل معها، ثم تنعكس عنها، فيستقبلها المجس مجدداً، ثم تعالج لتتولّد الصورة على الشاشة.
- ✓ يحوي المجس كريستالات هي المسؤولة عن إصدار واستقبال الموجات فوق الصوتيّة.
- ✓ يقوم الجهاز بحساب الزمن اللازم لانعكاس الأمواج فوق الصوتية عن البنى المرسلة إليها، فتتحدد النقاط وموضعها وتظهر بنية العضو على الشاشة، ويتحدد هذا الزمن ببُعد البنى وكثافتها.

صورة تبين أنواع المجسات المستعملة:
الخطي أو المسطح Linear. (2)
المحدَّب أو المنحني Curved.(3)
القطعي Sector المتميز بدقته (1)

[1] مثال: عند سماع صوت القطار يمكن أن نحدد فيما إذا كان يقترب منا أم أنه يبتعد عنا، بالاعتماد على لحن صوته.

أنواع الصدى:

1. وحيد البعد M-Mode.
2. ثنائي البعد Two-Dimensional.
3. ثلاثي البعد Three-Dimensional.
4. رباعي البعد Four-Dimensional: حيث يكون الزمن هنا هو البعد الرابع.
5. الدوبلر Doppler وله أنواع:
   A. النبضي Pulsed.
   B. المستمر Continuous.
   C. الملون Color Coded.
   D. النسيجي Tissue Doppler: والذي يدرس حركية القطع القلبية.

وكفكرة عامة: يمكن أن نقول إن الإيكو يدرس حركية نقاط معينة، أما الدوبلر فيدرس الجريان عبر نقطة معينة أو على امتداد خط معين كما سيمر معنا.

الصدى القلبي Echocardiography

❖ هناك عدة طرق لتصوير القلب بالصدى وهي:

1. الصدى عبر جدار الصدر Trans-Thoracic Echocardiography (TTE):
   ☜ نضع البروب (اللاقط) فيها على جدار الصدر، ونستخدم "جل" على مجس الإيكو لجعل السطوح متجانسة (بين سطح المجس وسطح الجسم) سامحاً بانتقال أفضل للأمواج فوق الصوتية والحصول على صورة واضحة[2].
   ☜ أما في حال عدم استخدام الجل فإن الأمواج فوق الصوتية ستنتقل بين وسطين غير متجانسين هما الهواء (الموجود بين المجس وجدار الصدر) والدم مثلاً أو أي نسيج آخر بالجسم مما يجعلها تتخامد، وبالتالي تكون الصورة غير واضحة.

2. الصدى عبر المري Trans-Esophageal Echocardiography (TEE):
   ☜ ندخل بروب الإيكو المدمج في منظار هضمي إلى المريء، فيلتقط صوراً للقلب من الخلف.

3. الصدى ثلاثي الأبعاد Three Dimensional Echocardiography:
   ☜ يتم التصوير بالإيكو ثلاثي البعد إمّا عبر جدار المري أو عبر جدار الصدر، ويُدرَس فيه القلب بشكل كتلي ثلاثي الأبعاد. أما إذا كانت الصورة متحركة ومتغيرة بتغير الزمن فيسمى الصدى عندها رباعي الأبعاد، حيث يكون البعد الرابع هو الزمن . ولهذا النموذج من الصدى القلبي نوعان أيضاً: أولاهما الصدى الثلاثي الأبعاد التركيبي، وثانيهما الحي، حيث يتم تركيب الصورة ثلاثية الأبعاد في النوع الأول بعد الانتهاء من التقاط الصور ثم تدمج وتعالج بوحدة حوسبة خاصة (off line)، في حين أنه في النوع الحي تشاهد الصورة ثلاثية الأبعاد مباشرة على شاشة الجهاز دون تأخير زمني (on line).

[2] ذكرنا أن الأمواج فوق الصوتية تسري في الأوساط المتجانسة وترتد في الأوساط غير المتجانسة، لذا نضع جل لتسهيل انتقال الأمواج فوق الصوتية بين المجس والجسم.

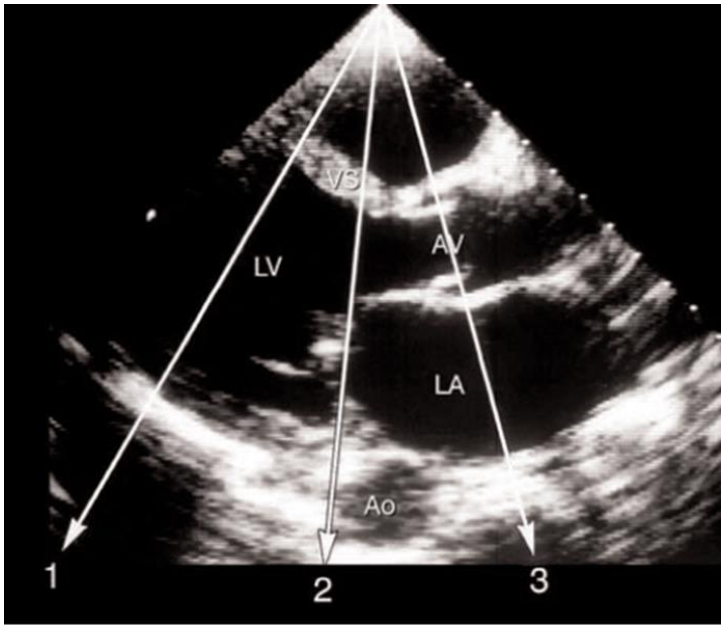
- ✓ يتعلق التواتر المُستخدَم (وبالتالي دقة الصورة) بكثافة البنى التي تفصل بين المجس والبنية المراد تصويرها، مع ملاحظة أنه كلما قل التواتر زاد الاختراق ونقص الوضوح والتباين، والعكس صحيح حيث يزيد الوضوح وينخفض الاختراق بازدياد تواتر الأمواج الصدوية .
- ✓ نحتاج بالإيكو عبر جدار الصدر لاختراق عالي (بسبب وجود كثافة متمثلة بجدار الصدر تفصل المجس عن البنى القلبية) وبالتالي نستخدم تواتراً أقل ونحصل على صورة أقل دقةً.
- ✓ أما بالإيكو عبر جدار المريء: نلاحظ أن المريء ملاصق للأجواف القلبية من الخلف (الأذينة اليسرى)، هذا يعني أنّ الفاصل بين المجس والبنى القلبية أقل كثافةً وبالتالي لا داعي لاختراقٍ عالٍ، فنستخدم تواتر أعلى وتظهر الصورة أكثر دقة[3].
- ✓ كذلك الأمر عند دراسة بنى قريبة من الجلد كأوعية العنق مثلاً، فهنا لا داعي لاختراق حزمة الأشعة مسافة عالية لتصل إلى الوعاء فنستخدم تواتراً عالياً فتظهر الصورة واضحة، كذلك الأمر في العين يكون التواتر المستخدم أكبر بكثير بحيث تخترق الأشعة فقط الكرة الكرة العينية.
- ✓ عادةً نستخدم للقلب عند الكهول تواتر 4-2 ميغا هرتز، وعند الأطفال نستخدم 7-5 ميغا هرتز، أما عند الخدَّج نستخدم 9-7 ميغا هرتز، ولتصوير بنى الجلد نستخدم عادةً 10 ميغا هرتز، أما كرة العين فنستخدم 30-20 ميغا هرتز.
- ✓ الهارموني النسجي Tissue Harmonic Imaging (THI) هي تقنية لتحسين الصورة حيث يرسل المجس موجات منخفضة التردد (2 ميغا مثلاً) ذات قدرة عالية على الاختراق، ويلتقط الموجات المرتدة ذات التواتر المضاعف (4 ميغا في هذه الحالة) التي تعطي تبايناً أعلى وبالتالي صورة أوضح.

[3] لذلك عند إجراء إيكو عند الأطفال نستخدم تواتر أعلى وبالتالي اختراق أقل فنحصل على صورة واضحة، أما عند البدينين فإننا نستخدم توتر أقل وبالتالي اختراق أعلى فنحصل على صورة أقل وضوحاً ومن هذا المبدأ كانت صورة الإيكو أوضح عند الأطفال.

الصدى عبر جدار الصدر TTE

أولاً: الصدى وحيد البُعد M-Mode

- يدرس هذا النمط تغير حركية النقاط على خط واحد بتغير الزمن حيث تظهر الصورة على شاشة جهاز الإيكو أو على الورق في الأجهزة القديمة.
- فكما يظهر في الصورة أدناه، يوجد ثلاث مقاطع شهيرة لدراسة القلب بالصدى وحيد البُعد، ولكن لدراستها نحتاج أن يظهر من القلب الأذينة اليسرى LA والبطين الأيسر LV، والصمام التاجي والشريان الأبهر والصمام الأبهري AV ومخرج البطين الأيمن RVOT والحجاب بين البطينين VS بصورةٍ واحدة ☺
- لهذا السبب تؤخذ سوية الخط المَدروس من صورة الإيكو ثنائي البعد محور طولي من جانب القص 2-D Parasternal long axis view، حيث تظهر البنى السابقة بوضوح ثم نحدد المقطع الذي نريد أن ندرسه.



يبين الشكل المجاور المقاطع الثلاثة الشهيرة بالصدى أحادي البعد M-mode

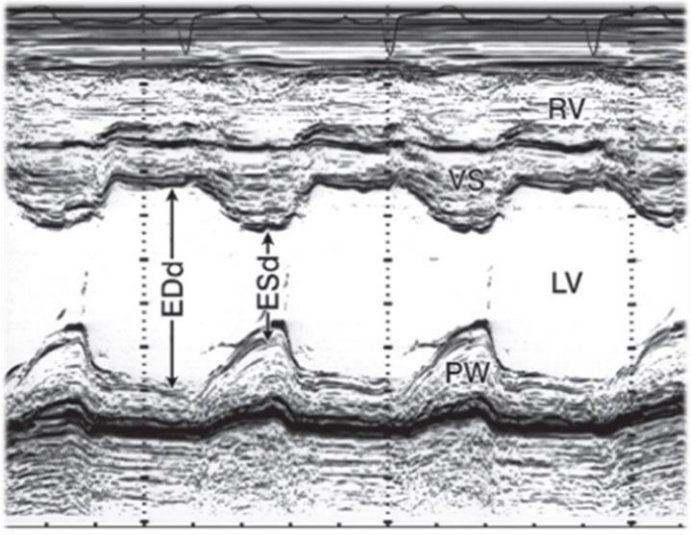
المحور رقم 1

✓ يدرس النقاط الواقعة على الخط المار بـ: **الحجاب بين البطينين VS**، **وجوف البطين الأيسر**، **والجدار الخلفي للبطين الأيسر PW**، لذا من الطبيعي أن يدرس هذا المقطع حركية البطين الأيسر خلال الانقباض والانبساط.

☜ في فترة الانقباض البطيني: يتقارب الحجاب بين البطينين والجدار الخلفي للبطين الأيسر.

☜ في فترة الانبساط البطيني: يتباعد الجداران.

☜ تابع مع الصورة في الصفحة التالية...



لاحظ أنه خلال الانقباض ESd: يتقارب جدارا البطين.

أما خلال الانبساط EDd: فإن الجداران يتباعدان.

ESd: قطر البطين في نهاية الانقباض End Systolic Diameter

EDd: قطر البطين في نهاية الانبساط End Diastolic Diameter

VS :Ventricular Septal

PW :Posterior Wall of LV

تذكر أنه في حالة ASD: تصبح حركة الحاجز بين البطينين عجائبية، ففي حالة الفتحة بين الأذينين ونتيجة زيادة الحمل على البطين الأيمن، يتجه الحجاب بين البطينين باتجاه البطين الأيمن أثناء انقباضه بعيداً عن الجدار الخلفي للبطين الأيسر.

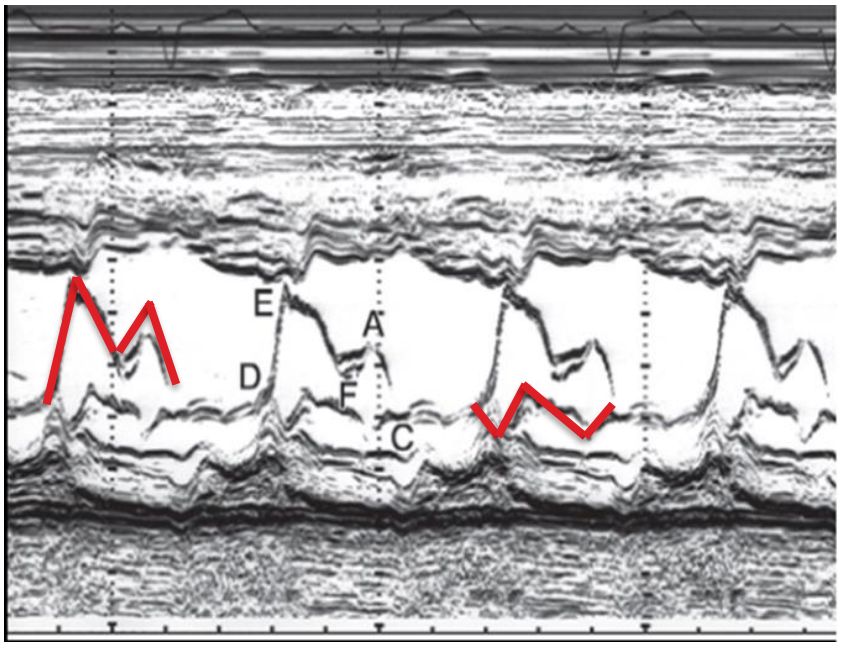
المحور رقم 2

✓ يدرس هذا المقطع حركية النقاط الموجودة على الخط المار بـ: **مخرج البطين الأيمن RVOT**، **والحجاب بين البطينين VS**، **وجوف البطين الأيسر**، **ووريقتي الصمام التاجي (الأمامية والخلفية)**، **والجدار الخلفي للبطين الأيسر PW**. (حركية البطينين خلال الانقباض والانبساط).

☜ **في فترة الانبساط البطيني**: (تابع مع الصورة في الصفحة التالية)

- تأخذ الوريقة الأمامية (التي تتحرك نحو الأمام) شكل الحرف M.
- في حين تأخذ الوريقة الخلفية (التي تتحرك نحو الخلف) شكل الحرف W.
- ببداية الانبساط: يتدفق الدم من الأذينة اليسرى إلى البطين فيرتفع الضغط تدريجياً بالبطين الأيسر ويبدأ بالتناقص بالأذينة اليسرى، فتتباعد وريقتا الصمام التاجي (النقطة E والنقطة D) وتتشكل الذروة الأولى (انفتاح منفعل).
- ثم تتقارب وريقتا الصمام بشكل جزئي نتيجة ارتفاعهما بسبب امتلاء البطين بالدم فينغلق الصمام جزئياً (النقطة F)، ثم تنقبض الأذينة فتتباعد ورقتا الصمام مجدداً (النقطة A) وتظهر الذروة الثانية (انفتاح فاعل).

☜ **في فترة الانقباض البطيني**: تنغلق وريقتا الصمام، فيرتسم خطاً واحداً (النقطة C).



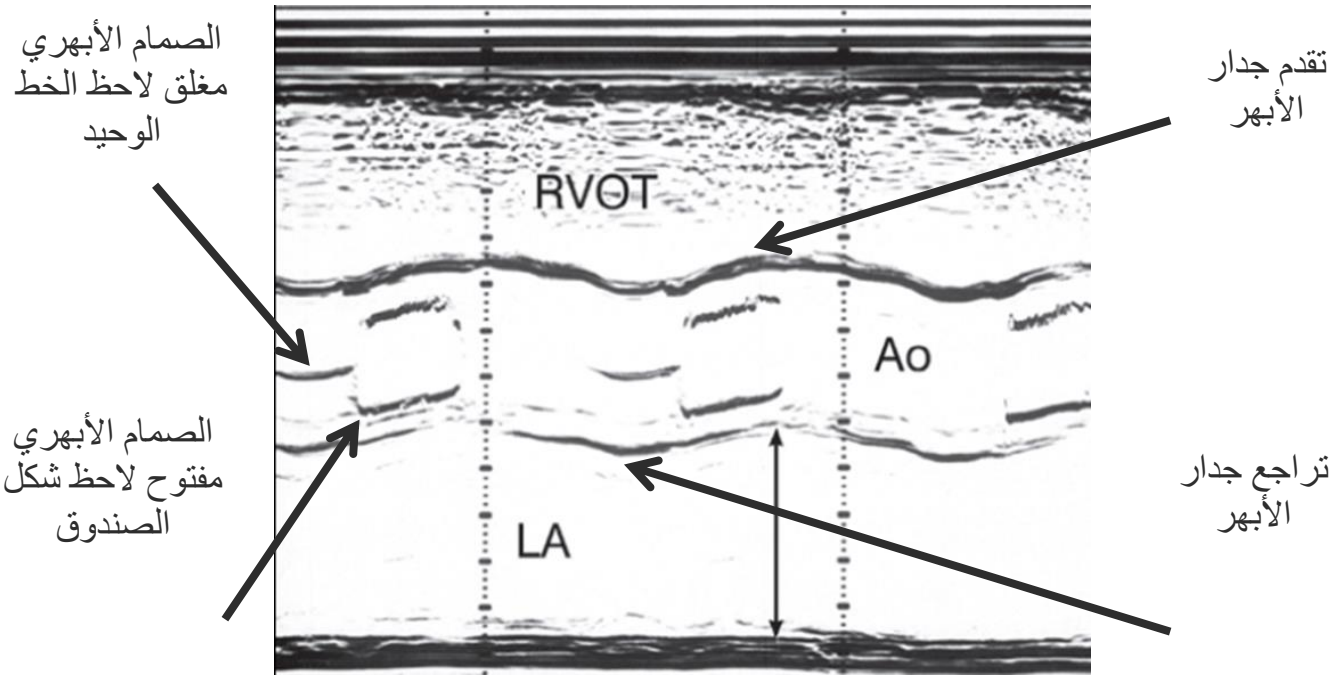
النقطة D: تمثل بداية الانبساط، حيث تبدأ وريقتا الصمام بالانفتاح.
النقطة E: تمثل ذروة انفتاح الصمام التاجي.
النقطة F: تمثل الانغلاق الجزئي لوريقتي التاجي.
النقطة A: تمثل عودة انفتاح الصمام التاجي.
النقطة C: تمثل بداية الانقباض البطيني.
لاحظ M الوريقة الأمامية، و w الوريقة الخلفية للصمام التاجي

المحور رقم 3

✓ يدرس هذا المقطع حركية النقاط الموجودة على الخط المستقيم المار من: **مخرج البطين الأيمن RVOT**، **والصمام الأبهري AO**، **والأذينة اليسرى LA**.

☜ في الانقباض: ينفتح الصمام الأبهري كالصندوق (يظهر بشكل خطين) ويتقدم الأبهر للأمام فيسجل انحرافاً نحو الأعلى.

☜ في الانبساط: يتراجع جدار الأبهر نحو الخلف فيسجل انحرافاً نحو الأسفل، وينغلق الصمام الأبهري فيظهر على المخطط كخط وحيد.



يُستخدَم المقطع السابق لقياس قطر الأذينة اليسرى بنهاية الانقباض (أحد القياسات المهمة)، كما يمكن أن ندرس عليه قصور وتضيق الصمام الأبهري حيث يغيب الخط الوحيد أثناء الانغلاق نتيجة عدم الاطباق الكامل لوريقات الصمام في حالة القصور، كما يقل الانفتاح في حال تضيق الصمام.

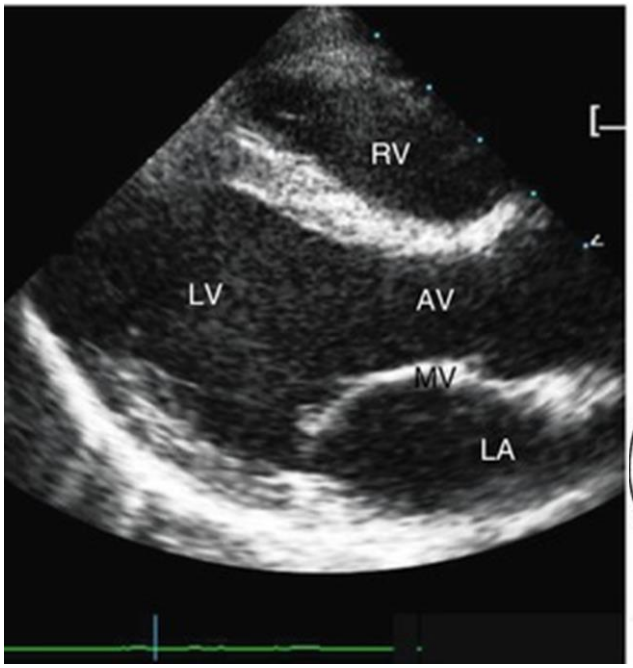
ثانياً: الصدى ثنائي البُعد Two-Dimensional

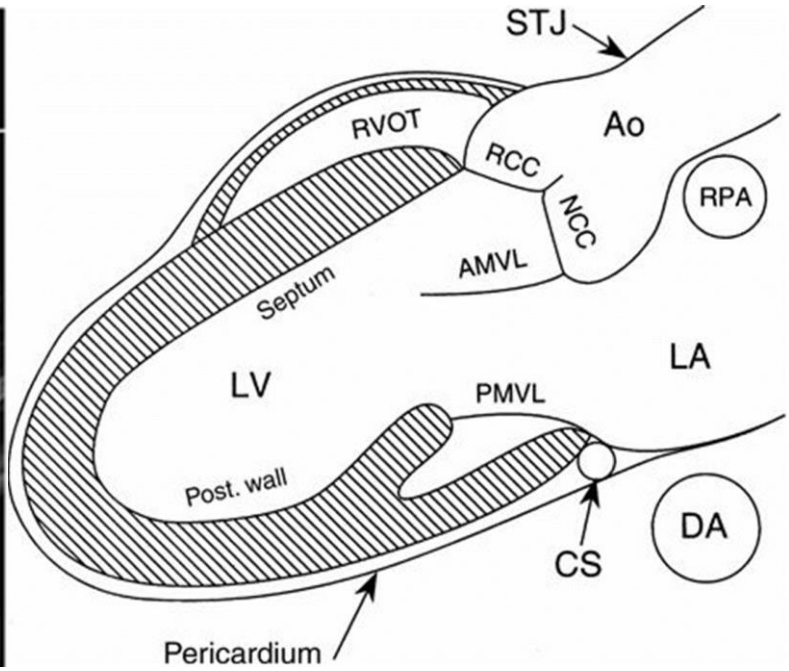
- يدرس **بنية وحركية** شريحة مقطعية مسطحة في كامل نقاطها، ويعطي مقاطع ثنائية البعد.
- له عدة مقاطع شهيرة منها:

☜ جانب القص الطولاني PLX.
☜ جانب القص المعترض PSX.
☜ رباعي الأجواف 4Chambers.
☜ خماسي الأجواف 5Chambers.
☜ تحت الأضلاع Subcostal.
☜ فوق القص Suprasternal.

المقطع جانب القص الطولاني Parasternal Long-Axis View (PLX)

✓ تظهر فيه الأذينة اليسرى LA، والصمام التاجي (بوريقتيه الأمامية AMVL والخلفية PMVL)، والبطين الأيسر LV، الذي يتتابع بالصمام الأبهري ثم الشريان الأبهري، كما يظهر مخرج البطين الأيمن.
✓ حيث يعطينا صورة حركية، فنلاحظ انغلاق الصمام الأبهري وانفتاح الصمام التاجي أو العكس.

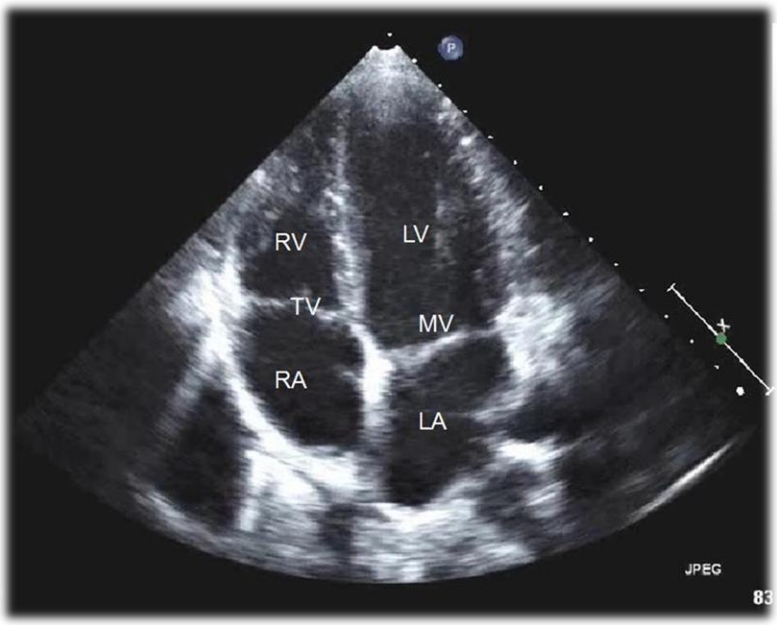


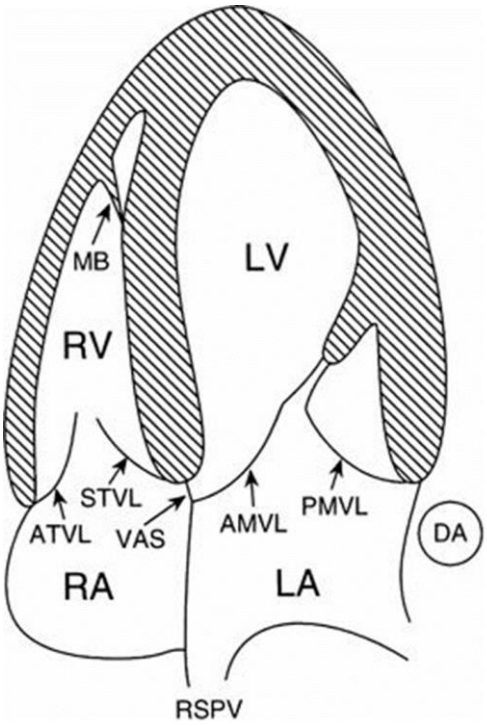


LV: البطين الأيسر، AMVL: الوريقة الأمامية للصمام التاجي، PMVL: الوريقة الخلفية للصمام التاجي، LA: الأذينة اليسرى، RPA: الشريان الرئوي الأيمن، CS: الجيب الإكليلي، RCC, NCC: شرفات الدسام الأبهري

المقطع رباعي الأجواف 4-Chamber Apical View

- ✓ يُوضَع اللاقط مكان قمة القلب، فتظهر القمة بأعلى الصورة.
- ✓ قد يكون القسم الأيمن من القلب على اليمين والقسم الأيسر على اليسار، أو العكس، وذلك حسب وضعية اللاقط.
- ✓ يظهر فيه أجواف القلب الأربعة، حيث الأذينات في الأسفل والبطينات في الأعلى، والصمامات الأذينية البطينية (التاجي MV بوريقتيه الأمامية والخلفية، ومثلث الشرف TV) والشريط المتوسط Moderator Band (MB).
- ✓ حيث نرى هنا الصمامان التاجي ومثلث الشُرف ينفتحان أو ينغلقان معاً، حسب جريان الدم بالانقباض والانبساط.



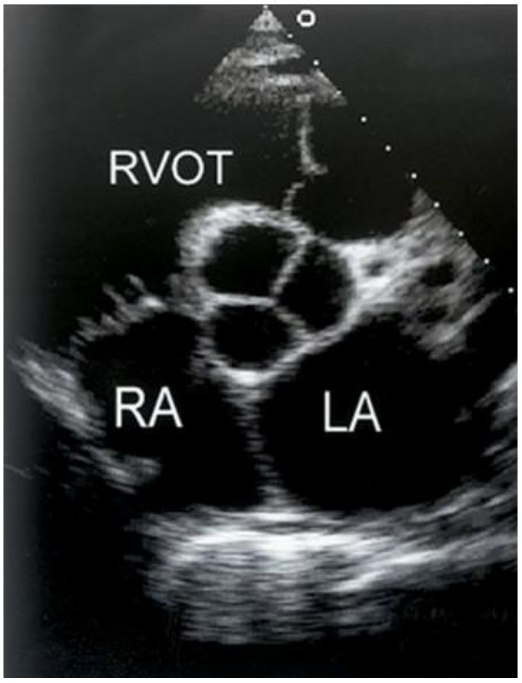


تظهر الصورتان أعلاه مقطع القلب رباعي الأجواف.

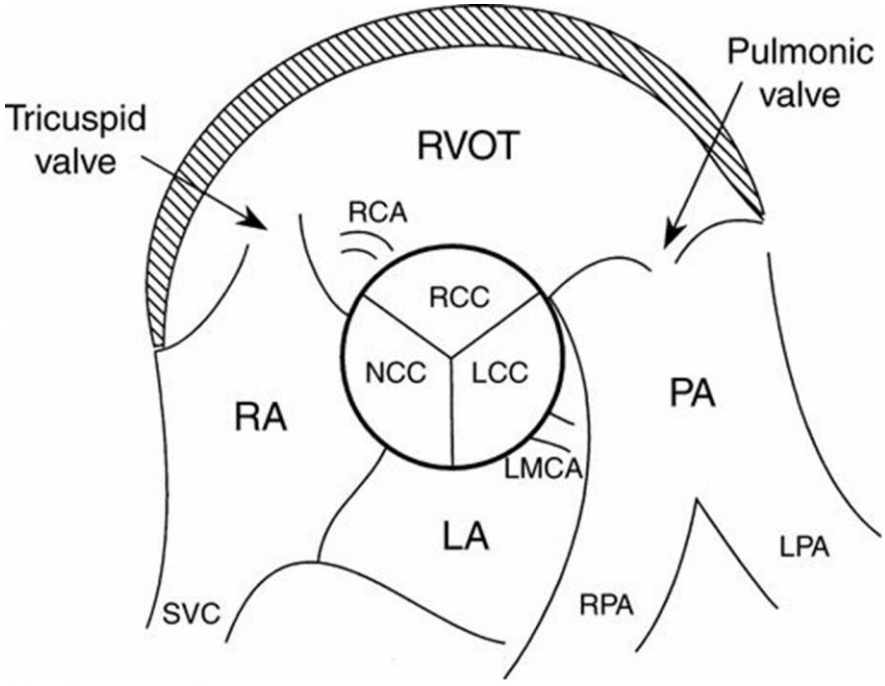
المقطع جانب القص المعترض القصير (PSAX)

- ✓ مقطع عمودي على المقطع جانب القص الطولاني PLX، حيث يوضع اللاقط في الورب الثاني أو الثالث أيسر القص بشكل عمودي ثم نُدير اللاقط 90 درجة.
- ✓ له عدة سويات، ندرس أهمها ألا وهي السوية المارّة بالصمام الأبهري حيث تدرس الوريقات في وضعية الإغلاق فتظهر كعلامة المرسيدس المقلوبة.
- ✓ نشاهد فيه: الصمام الأبهري بشرفه الثلاث (RCC، LCC، NCC[4])، الأذينة اليسرى LA، والأذينة اليمنى RA، والحجاب بين الأذينتين، والصمام مثلث الشرف، ومخرج البطين الأيمن RVOT، والصمام الرئوي، والشريان الرئوي، ومكان انصباب الأجوف العلوي.
- ✓ ندرس من خلاله بنية الصمام الأبهري ومثلث الشُرف، والجريان عبر الصمام الرئوي.

[4] LCC يخرج منها الشريان الإكليلي الأيسر، RCC يخرج منها الشريان الإكليلي الأيمن، NCC لا يخرج منها أي شريان إكليلي.



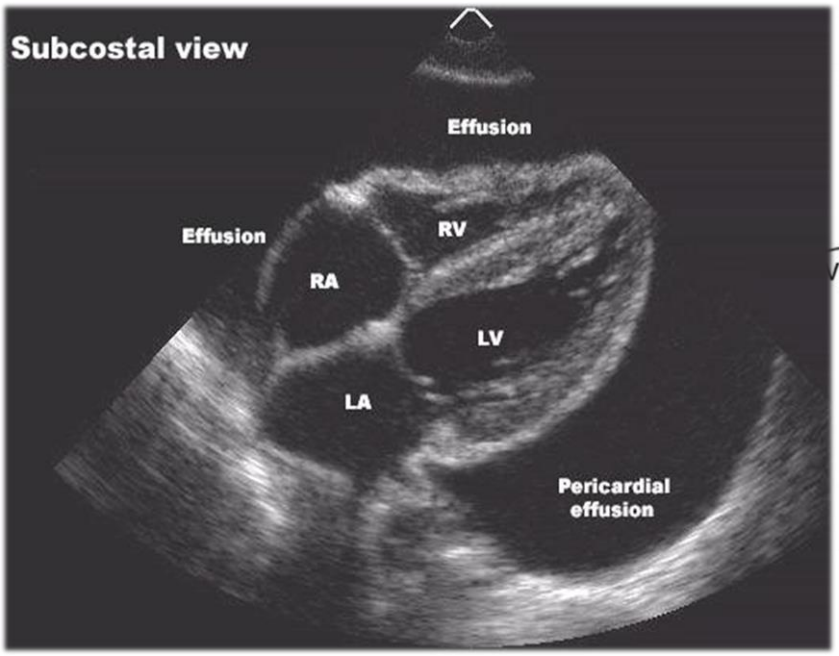
صورة حقيقية في مقطع جانب القص المعترض القصير.



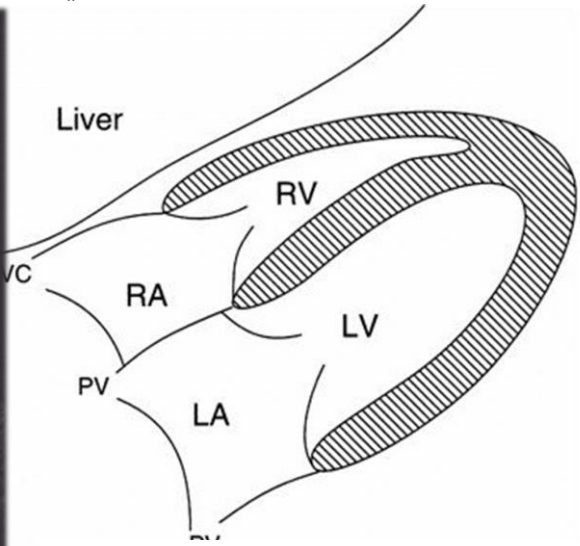
صورة ترسيمية في مقطع جانب القص المعترض القصير.

المقطع تحت الأضلاع رباعي الأجواف Subcostal 4-Chamber View

- ✓ يُوضَع اللاقط في الشرسوف فنرى القلب من الأسفل للأعلى، حيث تظهر فيه الأجواف القلبية الأربعة والحجاب البطيني **والحجاب الأذيني**، ومكان انصباب الوريد الأجوف السفلي IVC، وقد يظهر الكبد أيضاً.
- ✓ يركز هذا المقطع على **الحجاب بين الأذينتين**، كما يُستخدَم عند المرضى الذين يُعانون من انتفاخ الرئة حيث تصعب دراسة القلب في هذه الحالة.



صورة حقيقية للقلب في مقطع تحت الأضلاع رباعي الأجواف.



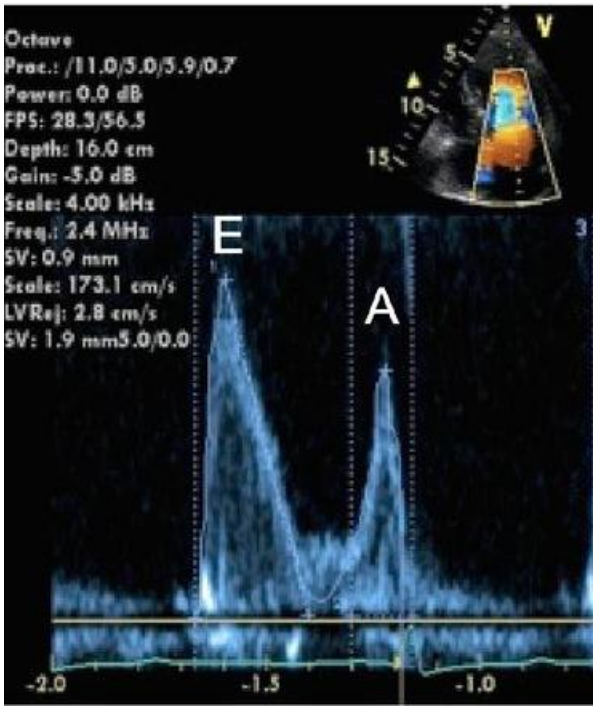
صورة ترسيمية توضح مقطع تحت الأضلاع رباعي الأجواف.

ثالثاً: الدوبلر النبضي Pulsed-Wave (PW) Doppler

- في هذا النمط، يحدد الجهاز **نقطة معينة** ويدرس الجريان عبر هذه النقطة، حيث تُسمَّى نقطة الـ**Sample Volume**، وعلى هذا الأساس يرسم الجريان باتجاه اللاقط Probe موجة **إيجابية**، أما عكسه فيرسم موجة **سلبية**.
- يمتاز الدوبلر النبضي بأنه يحدد نقطة معينة ويدرسها بدقة، لكنه لا يستطيع تمييز السرعة العالية هل هي إيجابية أم سلبية، حيث تظهر ظاهرة Aliasing وهي ظهور موجات متداخلة من الأسفل والأعلى على شاشة الجهاز.

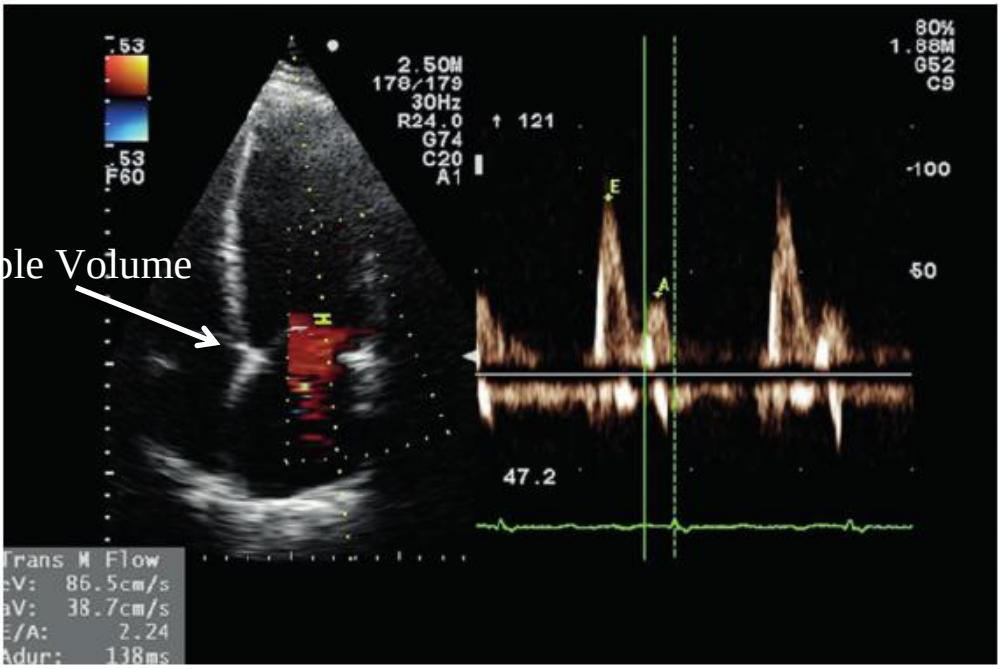
دراسة الجريان في الصمام التاجي بتقنية الدوبلر النبضي PW Doppler

- ✓ يوضع المجس أو اللاقط عند قمة القلب حيث تظهر الأجواف الأربعة، وتحدد نقطة الـ **Sample volume** عند ذروة الصمام التاجي[5].
- ✓ إن الجريان الطبيعي للدم عبر الصمام التاجي يكون من الأذينة باتجاه البطين وفي هذه الوضعية تكون جهة الجريان باتجاه اللاقط، لذا حسب ما سبق ستكون **الموجة الممثلة للجريان الطبيعي عبر الصمام التاجي إيجابية**.
- ✓ إذا درسنا هذه الموجة بشيء من التفصيل سيظهر لنا أنها عبارة عن اجتماع موجتين ايجابيتين **على شكل حرف M**:

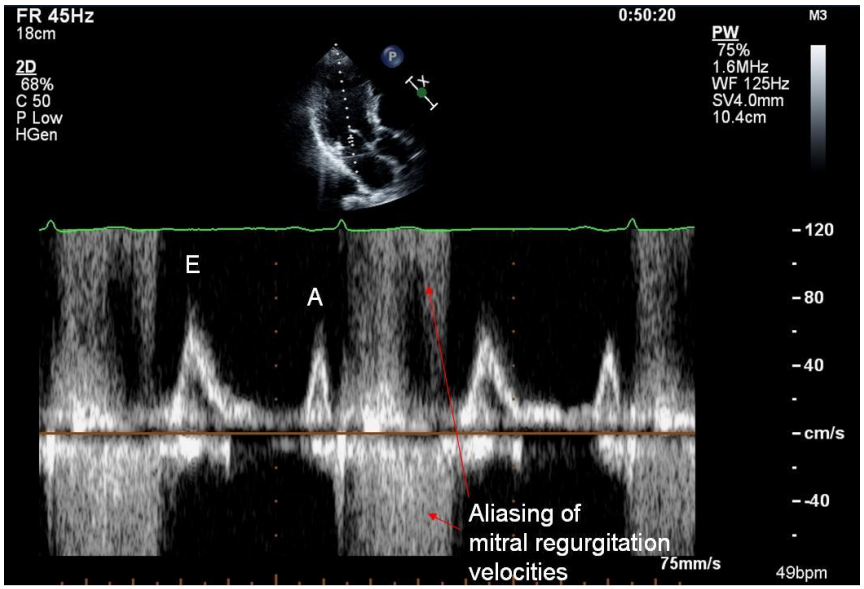


1. **E wave**: تمثّل الجريان المنفعل للدم من الأذينة اليسرى إلى البطين الأيسر عند انفتاح الصمام في بداية طور الإمتلاء السريع، ثم يتوقف الجريان بسبب ارتفاع الضغط في البطين الأيسر ونقص الممال الضغطي بين الأذينة والبطين (تعويم وريقات الصمام التاجي).
2. **A wave**: تمثّل الجريان الفاعل، فهي تظهر عند انقباض الأذينة اليسرى.

[5] قصور الصمام التاجي نراه بطور الانقباض.

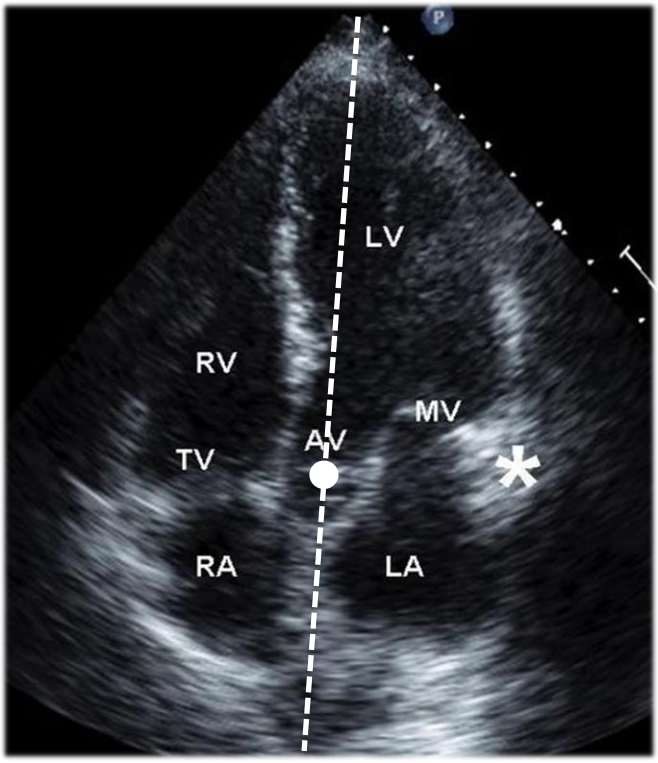


توضح الصورة في الأعلى تصوير الدوبلر النبضي لنقطة واقعة عند الصمام التاجي وذلك حسب الوضعية التي تظهر الأجواف الأربعة للقلب، كما نلاحظ موجتا الصمام التاجي بشكل حرف M حيث تمثل كل موجة E، A سوية دورة قلبية كاملة.



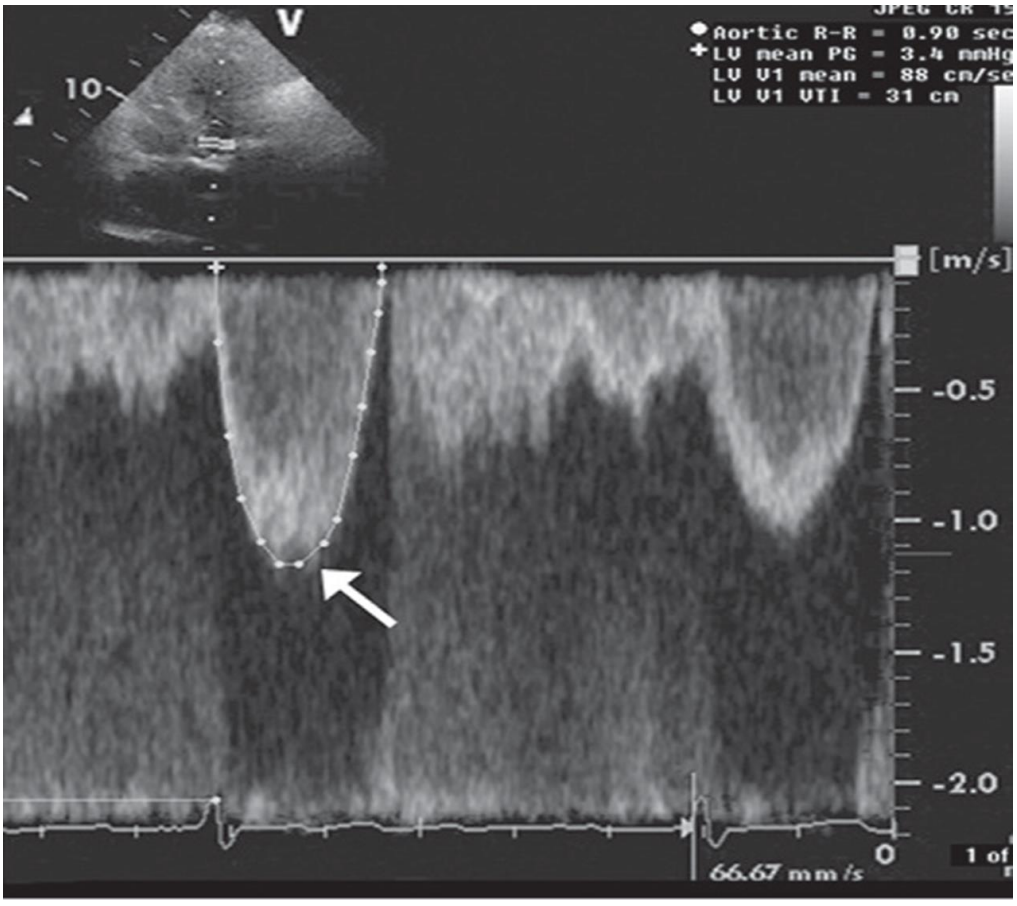
صورة بسيطة تمثل ظاهرة aliasing حيث نرى تداخل الموجات من الأسفل والأعلى وذلك في قصور الصمام التاجي حيث تتجاوز سرعة القصور إمكانية التقاط السرعة وتحديدها باالدوبلر النبضي

دراسة الجريان عبر الصمام الأبهري بتقنية الدوبلر النبضي PW Doppler



- ✓ يوضع مجس الإيكو عند قمة القلب بحيث يظهر مقطع خماسي الأجواف يشمل البطين الأيمن والأيسر والأذينة اليمنى واليسرى والصمام الأبهري ثم توضع نقطة الـ **Sample Volume** لدراسة الجريان.
- ✓ بما أن المجس عند القمة وجريان الدم من البطين باتجاه الأبهر (مبتعداً عن المجس)، فإن **الجريان الطبيعي عبر الصمام الأبهري سيأخذ شكل موجة سلبية**.

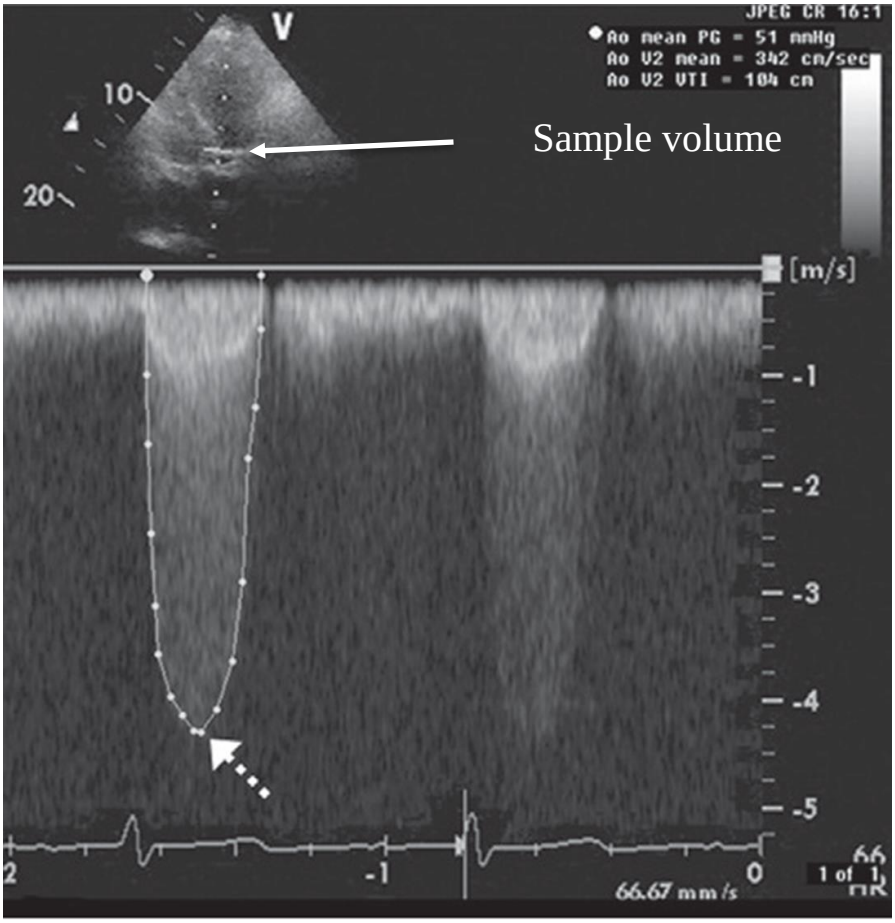
نلاحظ جانباً الحجرات الخمس ونقطة sample volume



لاحظ بالصورة جانباً نقطة Sample Volume عند الصمام الأبهري والموجة السلبية (مكان السهم في الأسفل).

رابعاً: الدوبلر المستمر Continuous-Wave (CW) Doppler

- ✓ يدرس هذا النمط الجريان على كامل خط نقطة الـ sample volume، حيث يرسم الجريان باتجاه اللاقط موجة **إيجابية**، أما الجريان عكسه يعطي موجة **سلبية**.
- ✓ يستطيع هذا النمط تحديد جهة الجريان بدقة، بسبب إمكانية قياس السرعات العالية[6]، إلا أنه غير دقيق في تحديد النقطة التي يحدث فيها الجريان، أي يدرس جميع سرعات الجريان على كامل خط الـ Sample volume.



في الصورة المجاورة يوجد تضيق في الصمام الأبهري، وكما نعلم في حالة تضيق الصمام الأبهري تزداد سرعة جريان الدم عبره، وبالتالي لا يستطيع الدوبلر النبضي التقاطه، فنلجأ للدوبلر المستمر.

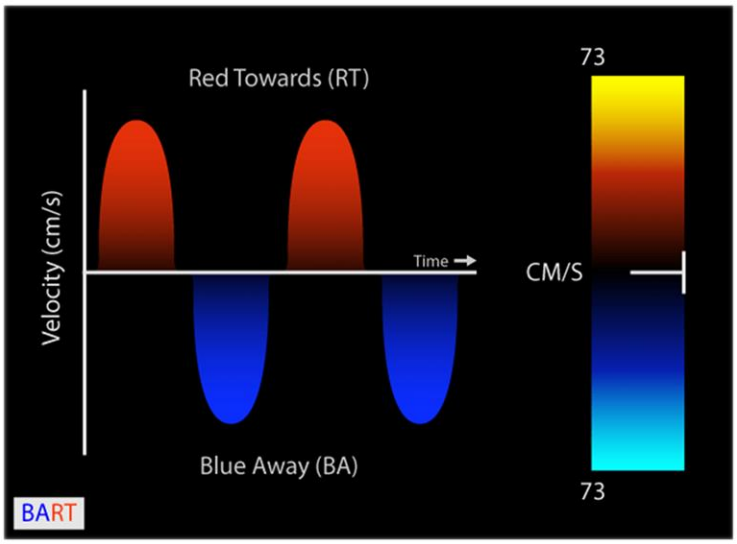
نلاحظ أن السرعة تقريباً = 4.5 m/s حيث أن السرعة الطبيعية تكون دون 1.5-2 m/s

في هذه الحالة نعلم أن الجريان السريع يتم عبر الصمام الأبهري المتضيق ولكن في الحقيقة قد يكون سبب الجريان السريع متوضع في أي نقطة على خط الـ sample volume وهذا هو الفرق بينه وبين الدوبلر النبضي

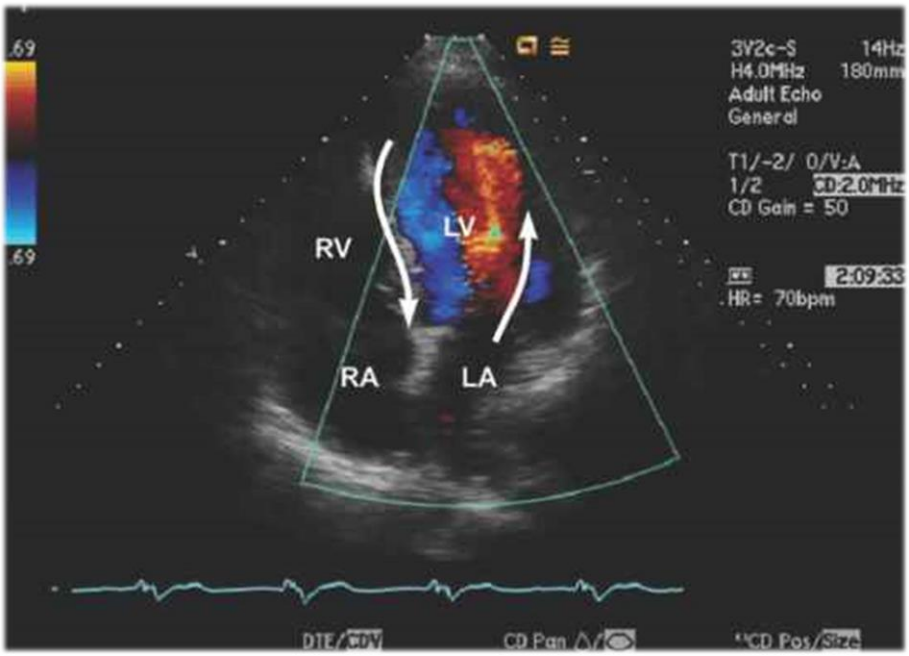
[6] يستطيع أن يميز السرعات العالية حتى 10 متر كالتي تظهر بوجود ممال ضغطي (أي فرق في الضغط) كتضيقات الصمامات حيث يرتفع ضغط الحجرة التي تتوضع قبل الصمام المتضيق فيندفع الدم منها بسرعة أعلى.

خامساً: الدوبلر الملون Color Coded Doppler

✓ هو دراسة الجريان <u>في كل نقطة من نقاط منطقة محددة بالدوبلر النقطي</u>[7] <u>أو النبضي</u> مع ترميز الجريان باتجاه اللاقط (الإيجابي) باللون الأحمر، والجريان عكس اللاقط (السلبي) باللون الأزرق[8].



لاحظ أنه عندما يكون الجريان باتجاه البروب يأخذ اللون الأحمر Red Towards (RT).
أما عكس اتجاه البروب يأخذ اللون الأزرق Blue Away (BA).



لاحظ الصورة جانباً:
عند انفراغ الدم من الأذينة اليسرى إلى البطين الأيسر يكون الجريان باتجاه اللاقط أي يظهر باللون الأحمر، بينما انفراغ الدم من البطين الأيسر باتجاه مخرجه (الشريان الأبهر) يكون الجريان عكس اللاقط وبالتالي يظهر باللون

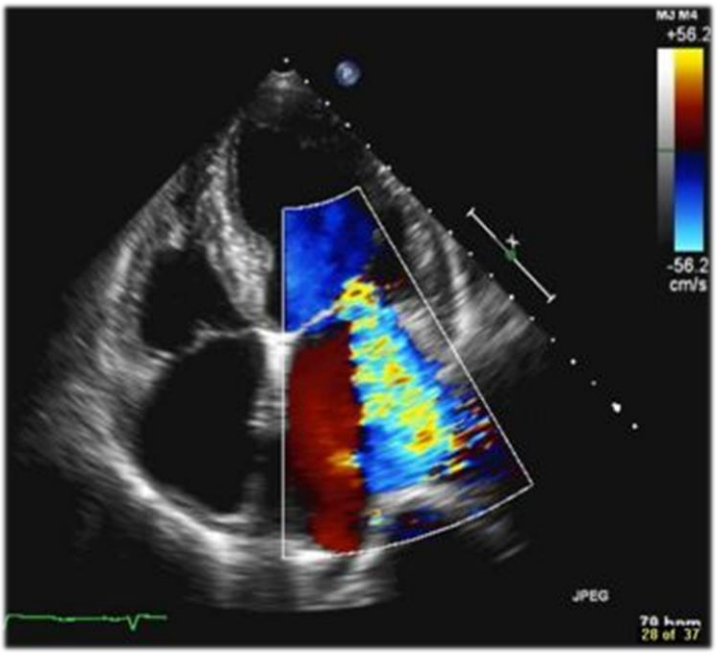
ملاحظة:

✓ يستطيع الدوبلر الملون أن يحدد السرعات بدقة وذلك ضمن مجال حساسيته، لكن النقاط التي تكون السرعة فيها مرتفعة بحيث تتجاوز حدود قدرة الجهاز تظهر بلون لهب الشمعة، وهذه الظاهرة تسمى Aliasing (انظر المثال أدناه).

---

[7] تذكر بأن الدوبلر النقطي يدرس الجريان عبر نقطة واحدة بدقة ويظهر السرعات العالية بضاهرة aliasing.

8 قاعدة BART: BA: Blue Away, RT: Red Towards



لاحظ أن كل من الصمام التاجي ومثلث الشرف مغلقين.
وهناك أيضاً داخل الأذينة اليسرى جريان للدم باللون الأزرق مع وجود ظاهرة Aliasing تتمثل بلون لهب الشمعة ضمن الأذينة اليسرى وهي تمثل نقاط ذات سرعة عالية أعلى 56 cm/s (حدود حساسية الجهاز لسرعة الجريان) مما يدل على ارتجاع الدم من البطين للأذينة أثناء الانقباض، وبالتالي هناك قصور بالصمام التاجي.

التطبيقات العملية للصدى القلبي:

1. دراسة الأجواف القلبية من حيث القياسات والحجوم والوظيفة والحركية القطعية والكاملة.
2. دراسة الصمامات القلبية الأربعة مع حساب مساحتها (تحديد وجود تضيق وحساب شدته) وتحديد وجود قصور صمامي مع حساب شدته.
3. دراسة التشوهات القلبية والفتحات القلبية وحساب أقطارها ونوع الشنت عبرها وحجم الشنت.
4. الكتل القلبية داخل الأجواف القلبية (خثرات وأورام) والتنبتات على الصمامات (التهاب الشغاف).
5. دراسة التأمور من حيث سماكة الوريقات ووجود انصباب ووجود علامات عصر تاموري (التهاب تامور عاصر – انصباب تاموري – السطام أو الاندحاس التاموري ...).

قيم سريرية هامة

1. الجزء المقذوف (الكسر القذفي) *Ejection Fraction (EF)*:

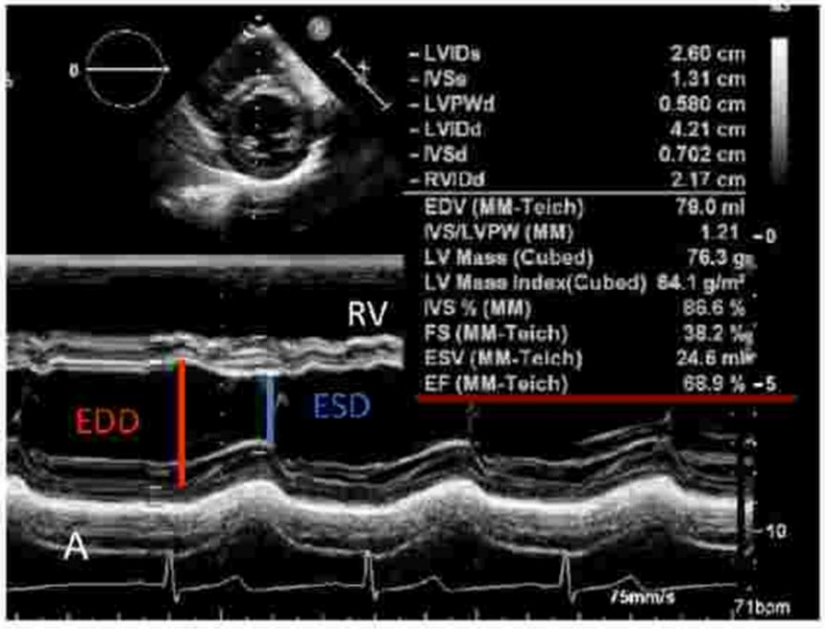
- يعتبر من أهم القياسات التي يؤديها الصدى القلبي حيث يتم تقدير الوظيفة القلبية من خلال حساب الجزء المقذوف (EF) للبطين الأيسر.
- **الجزء المقذوف EF**: هو كمية الدم التي يضخها البطين الأيسر نسبةً إلى حجم نهاية الانبساط، بلغةٍ أخرى يمكن أن نقول أنّ الجزء المقذوف هو كمية الدم التي يستطيع البطين الأيسر أن يقذفها نسبةً لحجم الدم الموجود فيه بعد الامتلاء، وتحسب من خلال المعادلة التالية:

$$EF = \frac{\text{End Diastolic Volume}}{\text{End Diastolic Volume} - \text{End Systolic Volume}}$$

- القيمة الطبيعية للـ EF للبطين الأيسر تتراوح بين 55%-80% إذ أن القلب لا يستطيع أن يفرغ كامل محتواه من الدم، وكلما ارتفع الـ EF كانت الوظيفة القلبية أفضل.
- تهمّنا قيمته دوماً قبل أي عمل جراحي، حيث أنّ الوظيفة القلبية الجيدة تزيد من قدرة المريض على تحمل العمل الجراحي (التخدير).

يوجد عدة طرق لقياس EF (تابع مع الصورتين التاليتين):

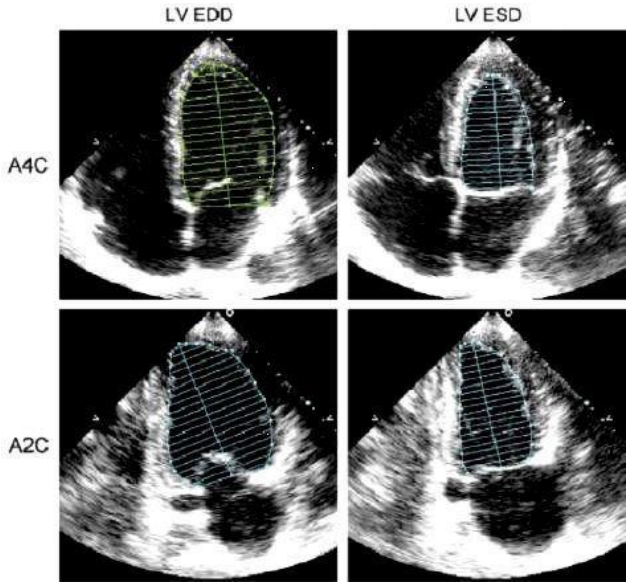
- توضح الصورة جانباً **طريقة Teichholz**، وهي الأسهل والأكثر استخداماً.
  ☜ يتم فيها حساب ESD وEDD[9] باستخدام M-mode ثم يقوم الجهاز بتكعيبهم وضربهم بثابت فنحصل على الجزء المقذوف.



توضح الصورة جانباً طريقة Teichholz

[9] End Diastolic Diameter, End Systolic Diameter

- توضح الصورة طريقة Simpson لقياس EF: يتم فيها حساب حجم نهاية الانقباض وحجم نهاية الانبساط (بمسح سطح البطين الأيسر أي إحاطته بخط كما يظهر في الصور) بأكثر من مقطع (أي نختار مثلاً مقطع رباعي الأجواف ثم مقطع ثنائي الأجواف مثلاً).



☜ ثم نعوض القيم الناتجة التي تخص أحد المقاطع (رباعي الأجواف مثلاً) في قانون EF، ثم نعوض قيم المقطع الآخر في قانون EF، ثم نأخذ متوسط النتائج (الحجم الوسطي) فنحصل على الجزء المقذوف.

☜ مثلاً في مقطع رباعي الأجواف وبعد مسح سطح البطين الأيسر والتعويض بالقانون كان EF=60%، وبمقطع ثنائي الأجواف (أذينة وبطين) كان EF=70%، وإذا أخذنا المتوسط يكون EF الفعلي هو 65%.

2. حساب الضغط الرئوي:

- يمكن للإيكو أن يقدر قيمة الضغط الرئوي عند الإنسان، إذ تعتبر هذه القيمة مهمة في آفات القلب الولادية، وفي الآفات الرئوية كتليف الرئة في سياق الذئبة الحمامية أو تصلب الجلد، أو ذات رئة التي من الممكن أن ترفع الضغط الرئوي.
- **يوجد عدة طرق لحسابه أهمها قصور مثلث الشرف**: ففي الحالة الطبيعية عند أغلب البشر، يوجد قصور فيزيولوجي بسيط في الصمام، فإذا تمكنا من حساب سرعة الدم عبر قصور مثلث الشرف، وعوضناها في القاعدة $Gradient= 4V^2$ (الممال = أربع أضعاف مربع السرعة) نحصل على ممال الضغط بين البطين الأيمن والأذينة اليمنى.
- يقدر ضغط الأذينة اليمنى الطبيعي **وسطياً[10] بـ 7 ملم زئبقي للإنسان الطبيعي**.
- **يجمع القيمة الناتجة من المعادلة السابقة (الممال) مع قيمة ضغط الأذينة اليمنى نحصل على الضغط البطين الأيمن الانقباضي الذي يماثل تقريباً ضغط الجذع الرئوي الإنقباضي**.
- في حال فشلنا في تحديد سرعة قصور مثلث الشرف قد نلجأ لحساب **سرعة قصور الصمام الرئوي**، والذي يعكس ممال الضغط بين الشريان الرئوي والبطين الأيمن بنهاية الانبساط وذلك في نهاية موجة القصور فنحصل على الضغط الرئوي الانبساطي، وكذلك يمكن حساب الضغط الرئوي الوسطي بنفس الطريقة من بداية موجة القصور، وبالتالي يمكن أن نستنتج الضغط الرئوي الانقباضي من المعادلة التالية:

الضغط الوسطي = 3/1 الضغط الإنقباضي + 3/2 الضغط الانبساطي

[10] في الحقيقة يعتمد تقدير الضغط ضمن الأذينة اليمنى على توسع الأجواف القلبية اليمنى فكلما زادت نعطي الضغط ضمن الأذينة اليمنى قيمة أعلى، وعليه ممكن أن تتراوح ضغوط الأذينة اليمنى بين 7 أو 10حتى 16 أو 20 ملم زئبقي.

3. حساب مساحة الصمامات المتضيقة:

إن مساحة الصمام التاجي بين 4-6 سم^2 لكل متر مربع من سطح الجسم، وكلما قلَّت مساحة الصمام زادت شدة التَّضيُّق مثلاً:

- المساحة بين ($2.5\text{-}4\ cm^2\backslash m^2$): تضيق خفيف.
- المساحة بين ($1.5\text{-}2.5\ cm^2\backslash m^2$): تضيق متوسط.
- المساحة بين ($1\text{-}1.5\ cm^2\backslash m^2$): تضيق شديد.
- المساحة أقل من $1\ cm^2\backslash m^2$: تضيق مشدود.

4. حساب شدة القصورات الصمامية في حال وجودها:

- وللتذكير فإن القصور بشكل عام هو عدم قيام الصمام بوظيفته بشكل جيد ألا وهي الإغلاق لمنع رجوع الدم، وبالتالي قصور الصمام هو عدم انغلاقه بشكل كامل.

5. حساب أقطار الفتحات القلبية وحجم الشنت عبرها.

حساب الممال الضغطي عبر صمام متضيق:

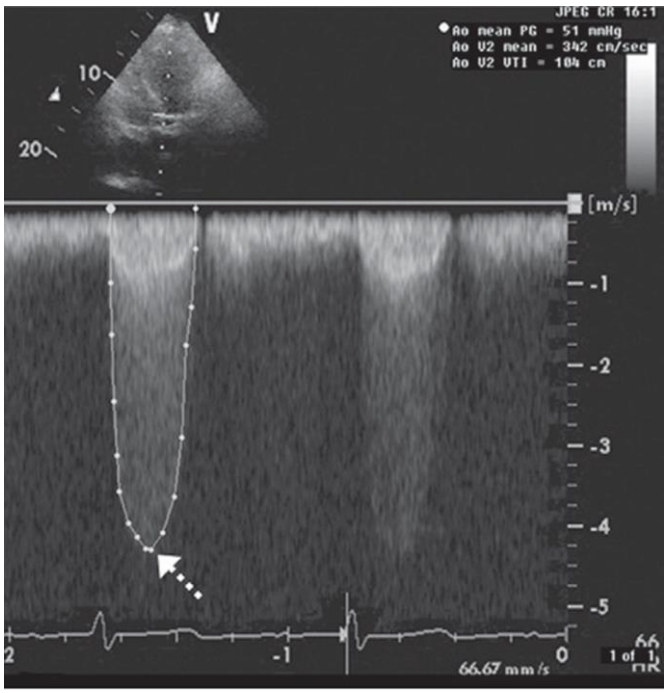
- ✓ ذكرنا سابقاً أنه يمكن أن نحدد درجة أو شدة تضيق الصمام من خلال حساب مساحته، ولكن يوجد طريقة أخرى لتقدير شدة التضيق ألا وهي حساب الممال الضغطي.
- ✓ لحساب الممال الضغطي، نحتاج لمعرفة سرعة الجريان عبر الصمام المتضيق، وبحساب السرعة يمكن حساب الممال الضغطي من خلال المعادلة التالية:

$$Gradient = 4V^2$$

حيث V: السرعة واحدتها m/s

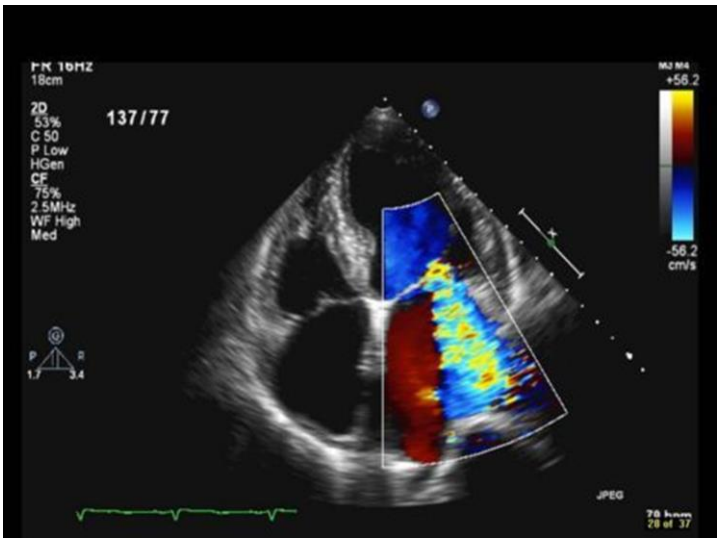
Gradient: الممال الضغطي وواحدته mmHg

- ✓ <u>بالعودة إلى مثال سابق</u>: إذا علمنا أن <u>الممال الضغطي الطبيعي للصمام الأبهري هو دون 10 ملم زئبقي (ويقبل حتى الـ 16 ملم زئبقي)</u>، وأن الصورة أدناه تظهر سرعة الجريان عبر الصمام الأبهري (4 m\s تقريباً).
- ✓ حسب المعادلة السابقة فإن الممال الضغطي تبعاً لسرعة الجريان عبر الصمام يساوي 64 ملم زئبقي وبالتالي هنالك تضيق بالصمام الأبهري.
- ✓ يصنف تضيق الصمام الأبهري تبعاً للممال الضغطي إلى:
  1. تضيق خفيف (فوق 10 أو فوق 16 وحتى 30 ملم زئبقي).
  2. تضيق متوسط (بين 30-60 ملم زئبقي).
  3. تضيق شديد (فوق 60 ملم زئبقي)، وهناك تصانيف أخرى.

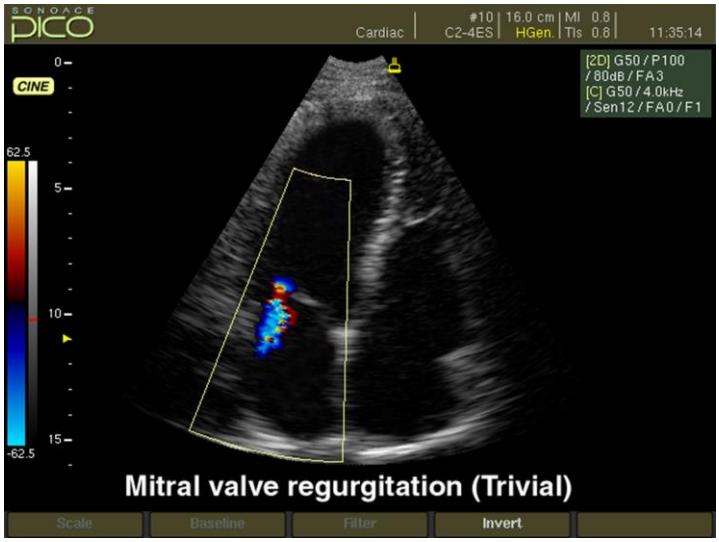


لاحظ سرعة الجريان التي تدل على تضيق الصمام الأبهري

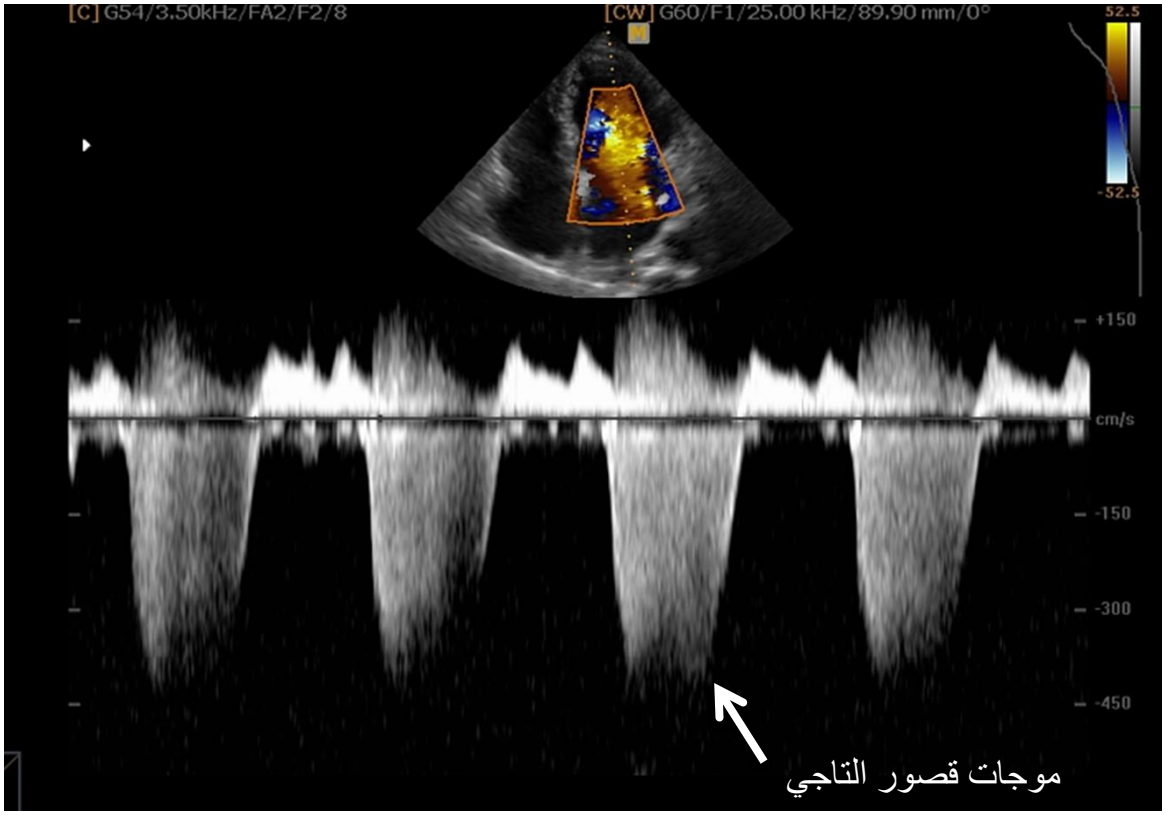
وجود سرعات معاكسة للطبيعي في نقطة ما تعني وجود قصور.



توضح الصورة قصور صمام تاجي شديد، حيث نلاحظ جريان معاكس للطبيعي كبير في الأذينة اليسرى.



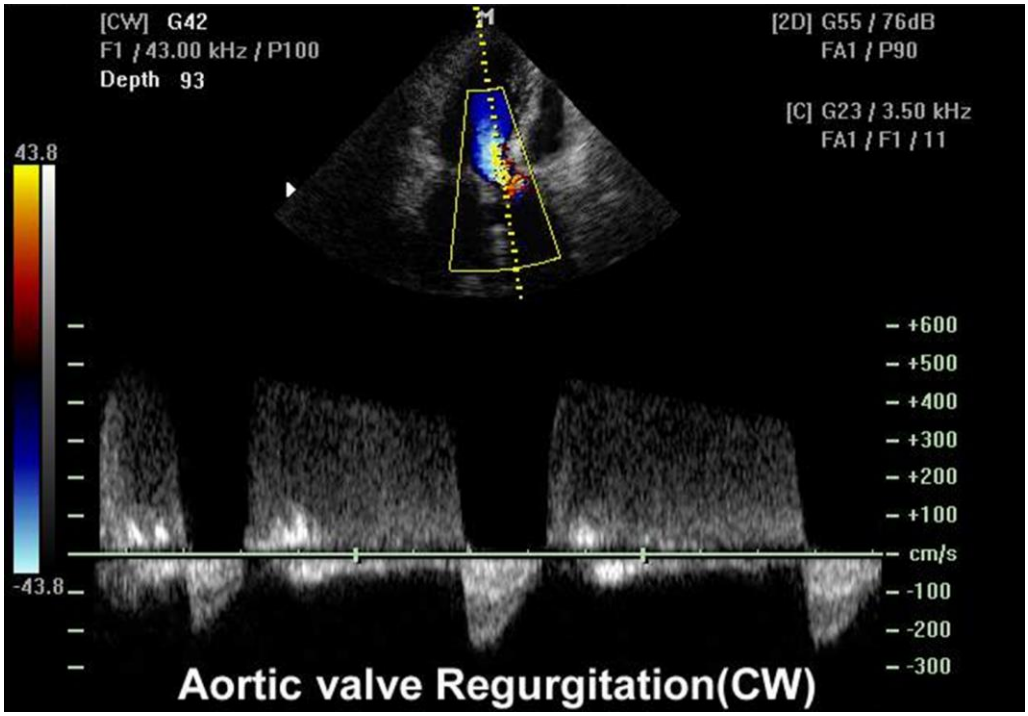
توضح الصورة قصور صمام تاجي خفيف، حيث نلاحظ جريان خفيف معاكس للطبيعي في الأذينة اليسرى.



توضح الصورة أعلاه جريان معاكس عبر الصمام التاجي باستخدام الدوبلر المستمر CW Doppler، وبالتالي موجة سلبية.

في الحالة الطبيعية يجب أن تكون موجة الجريان عبر الصمام التاجي إيجابية (E Wave، A Wave)

باعتبار أن الدم يتجه نحو البروب في صورة 4- Chamber View.

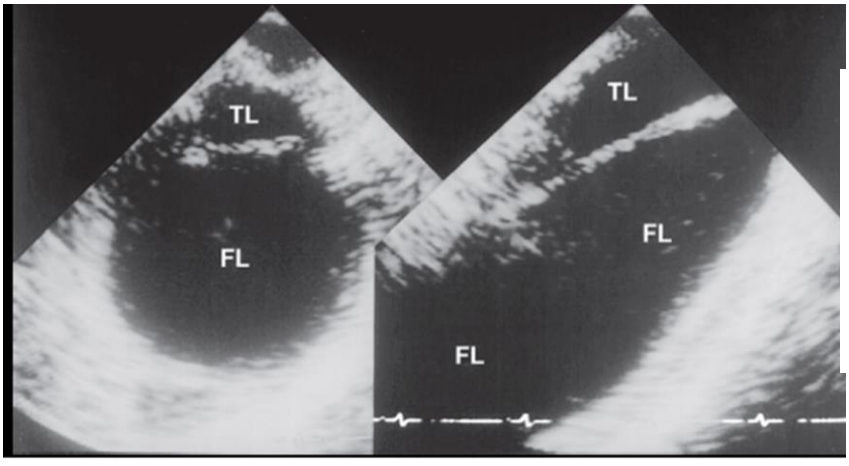


يظهر في الصورة المجاورة مظهر خماسي أجوف يظهر فيه: البطين الأيمن، والبطين الأيسر، الأذينة اليسرى، والأذينة اليمنى، ومخرج الصمام الأبهري

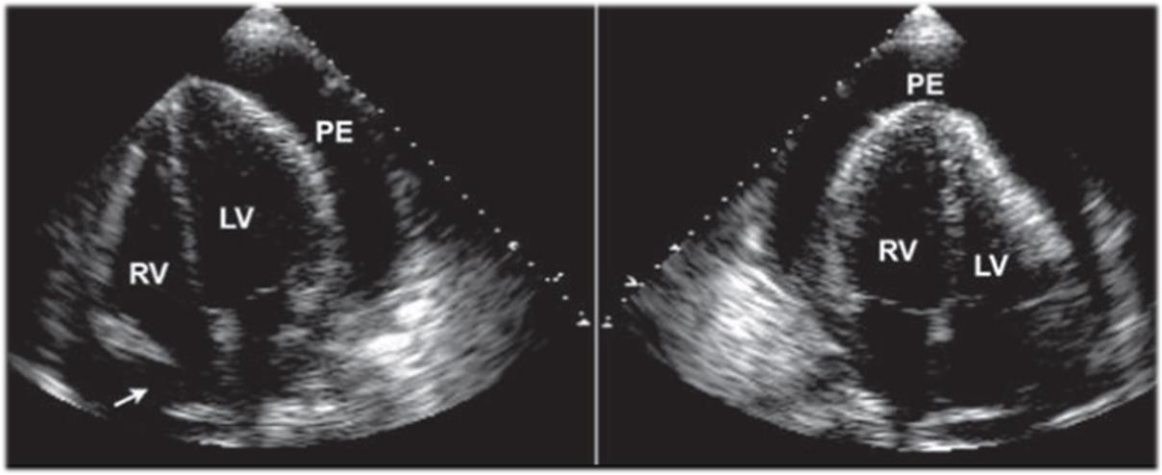
وضعنا Sample Volume في البطين الأيسر قبل الصمام الأبهري، فنلاحظ عند الصمام الأبهري وجود سرعة عالية معاكسة للجريان للطبيعي.

باستخدام تقنية الدوبلر المستمر: يكون الجريان الأبهري الطبيعي سلبي بالانقباض، أما بالانبساط فإن الجريان يكون باتجاه اللاقط أي إيجابي وبالتالي دليل على قصور الصمام الأبهري

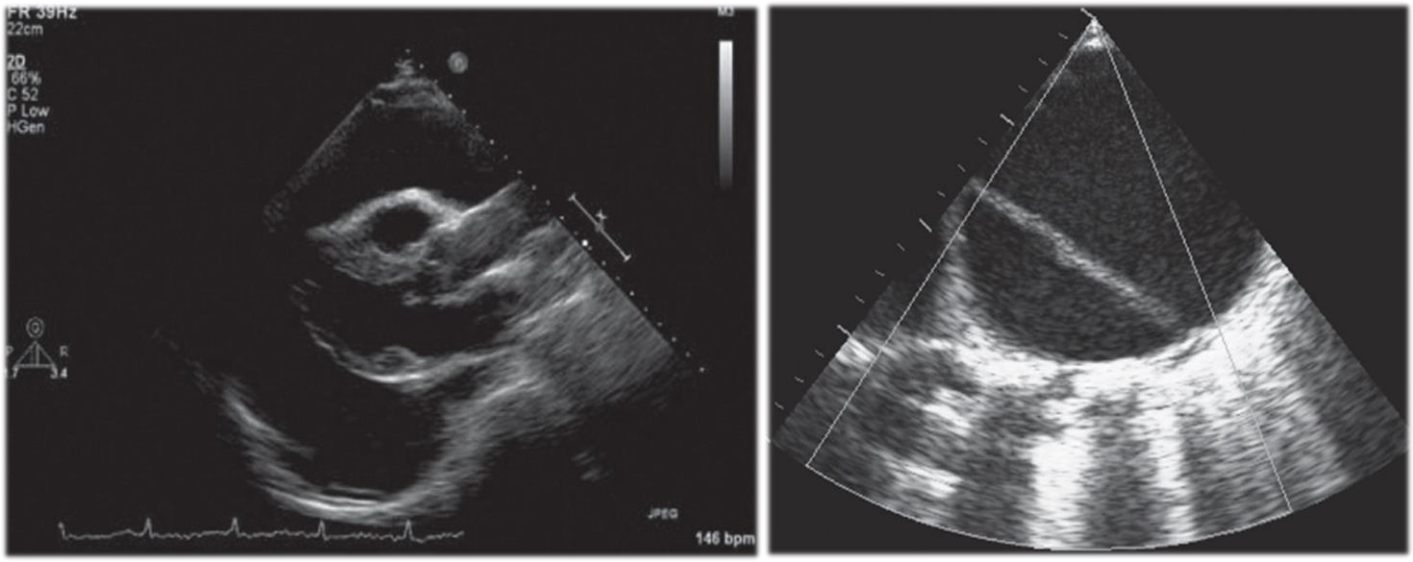
بعض صور الإيكو



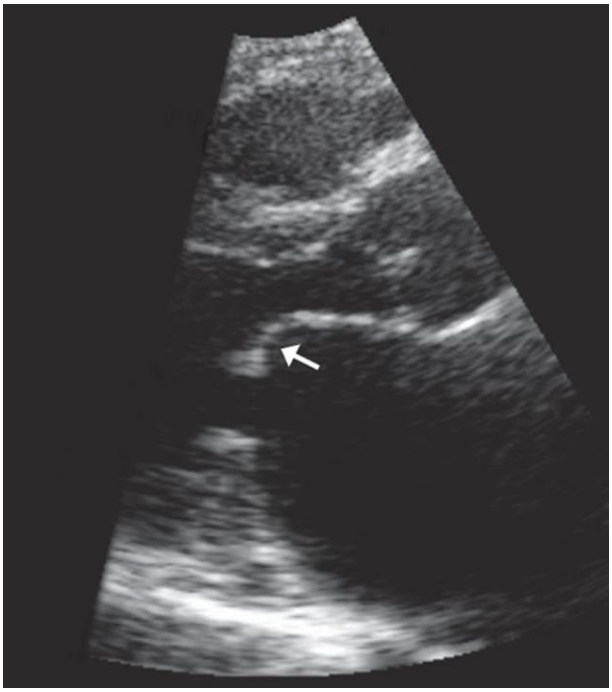
مقطع بالإيكو عبر جدار المريء:
يوضح الشريان الأبهري لمريض لديه تسلخ أبهر (مقطع طولي باليمين، وأخر عرضي باليسار).
لاحظ أيضا اللمعة الحقيقية TL، واللمعة الكاذبة FL.



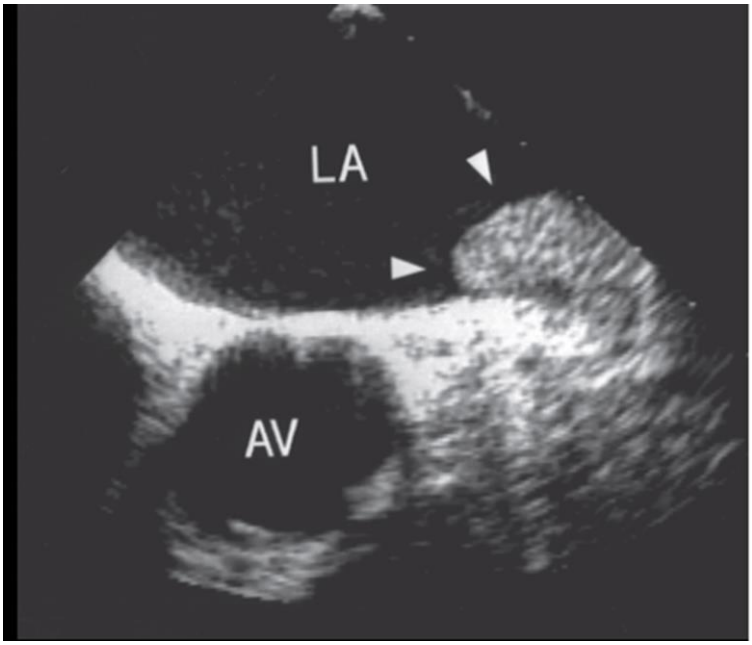
صورة لمريض لديه انصباب تأمور غزير PE، كما نرى البطين الأيمن، والبطين الأيسر (السائل بالإيكو يظهر باللون الأسود).



نلاحظ انصباب تأمور غزير ضاغط على أجواف القلب (الصورة اليسار).
نلاحظ تسلخ الأبهر (الصورة اليمين)، لاحظ أن اللمعة الكاذبة أكبر من الحقيقية.



صورة لصمام تاجي متضيق.
لاحظ التقبب في وريقة الصمام (مكان السهم)، حيث يبدو على شكل الركبة بسبب تقارب وريقتاه بالأمام نتيجة ارتفاع ضغط الأذينة اليسرى.



إيكو عبر المريء
لاحظ الأذينة اليسرى LA، الصمام الأبهري AV، ولسينة الأذينة اليسرى وضمنها خثرة (رأس السهم).
قد يكون سبب الخثرة رجفان أذيني أو صمامات صنعية، وفي انطلاقها ممكن تؤدي إلى حادث وعائي دماغي.

ملاحظات هامة:

- الجزء المقذوف من القلب ليس له علاقة بإيكو دوبلر.
- لا يستطيع الصدى القلبي رؤية الشرايين الإكليلية بصورة مباشرة.
- تخطيط القلب على الراحة لا يملك مصداقية عالية في كشف التغيرات المرضية وحتى على الجهد فإن مصداقيته حوالي 70% حسب أخر الدراسات.
- يوجد في كل صمام قصور فيزيولوجي طبيعي بالحالة الطبيعية.
- يقصد بمساحة الصمام لكل متر مربع من سطح الجسم بأن مساحة الصمام تتبع لمساحة سطح الجسم فمن الطبيعي أن يكون الصمام التاجي مثلاً عند الأطفال أصغر من الصمام التاجي عند البالغين بسبب اختلاف مساحة سطح الجسم.

انتهى

مع التمنيات بالتوفيق والنجاح