

SIÊU ÂM TIM THAI 3-4 CHIỀU

ThS BS Lê Kim Tuyền
Viện Tim HCM

- Giới Thiệu
- Hạn chế của SATT qui ước
- Ưu điểm của SATT 3-4 chiều.
- Cách thu nhận hình ảnh.
 - Kiến thức cơ bản.
 - Vị trí đầu dò.
 - Trẻ em
 - Thai nhi
- Lưu trữ.
- Sinh lý học định chuẩn.
- Xử lý hình ảnh.
- Hình ảnh ở thai nhi và các nghiên cứu đầu tiên.
- SATT 3-4 chiều trong chẩn đoán BTBS
- Kết luận: hạn chế về mặt kỹ thuật và xu hướng phát triển.
Tiềm năng trên lâm sàng.

1. Giới thiệu

- Các công việc sơ khai tái tạo hình ảnh 3 chiều của quả tim đang đập được tiến hành lần đầu vào những năm 1970-1980.
- Hình ảnh 3-4 chiều gần đây cho thấy sự hữu ích của nó trong chẩn đoán BTBS ở trẻ em và người lớn. Chẩn đoán BTBS tiền sản cũng là một lĩnh vực mở rộng của chẩn đoán mới và hấp dẫn này.

2. Hạn chế của SATT qui ước

- BTBS có thể được chẩn đoán chính xác khi dùng hình ảnh 2 chiều của tim thai kể cả BTBS phức tạp, nhưng cần phải ‘trường tượng’.
- Việc đánh giá số lượng khối thất, thể tích hoặc chức năng từ hình ảnh 2 chiều, phải được suy luận và sai số do vị trí mặt cắt làm hạn chế mức độ chính xác và tính lặp lại trong đo đạc.

3. Ưu điểm của SATT 3-4 chiều

- Tái cấu trúc mặt cắt mà không ghi nhận được trên 2D.
- Chỉ cần 1 vị trí và mặt cắt, cửa sổ siêu âm nhỏ
- Ít phụ thuộc tư thế thai & kinh nghiệm
- Thời gian thực hiện ngắn hơn
- Hình ảnh tái cấu trúc tốt hơn → tạo điều kiện thuận lợi trong chẩn đoán BTBS phức tạp
- Có tính chính xác và độ lặp lại cao, lưu trữ.

- Bệnh cạnh đó vẫn còn những hạn chế:
Thai nằm trong TC mẹ: béo phì, sẹ
thành bụng, bánh nhau bám phía
trước, thiếu ối...

Các cử động và nhịp thở thai nhi

Tư thế thai không theo ý muốn

Nhịp tim thai nhanh hơn ở người lớn
và trẻ em.

4. Các thách thức của SATT 3 chiều :

- Tái cấu trúc 3 chiều phải dựa trên hình ảnh 2D đẹp.
- Các cử động tự nhiên của thai và nhịp thở không thể kiểm soát được trên lâm sàng làm giảm độ phân giải của khối dữ liệu để tái cấu trúc.
- Các hình ảnh của trái tim đang đập cần được tái cấu trúc có kèm/ không kèm theo chiều thời gian.
- Kích thước tim thai nhỏ lúc 18-22 tuần, cùng với tốc độ co bóp nhanh làm cho độ phân giải không gian và thời gian khi tái cấu trúc 3 chiều bị hạn chế.

5. Cách thu nhận hình ảnh

- Tùy theo máy, thường 5-15s
- STIC phát hiện nhịp cơ bản
- Dữ liệu có thể phân tích lúc có mặt bn hoặc không
- Được lưu trên đĩa cứng để xem lại sau hoặc chuyển đến trung tâm chẩn đoán từ xa

6. Lưu trữ

- Hình ảnh video 2 chiều trắng đen kèm với đồng bộ hóa không gian được số hóa tự động và lưu trữ trên hệ thống, hệ thống SA 3 chiều hiện đang sử dụng đa số là không định chuẩn, và định chuẩn trung gian
- Dữ liệu được lưu trữ ở đĩa được số hóa ở tốc độ cao 30 khung hình/ giây, với thai nhi có tần số tim > 150lần/phút, tương đương 12 khung hình trên mỗi chu chuyển tim, máy tính đồ họa mô tả bởi Deng & cs (Medical graphics & Imaging group) lưu trữ hình trắng đen và dữ liệu không gian 8-12 khung hình/giây tương đương 3-5 khung hình/mỗi chu chuyển tim.

7. Sinh lý học định chuẩn

- Sắp xếp hình ảnh 2 chiều với thời điểm tương ứng chu chuyển tim tương đối thẳng trục ở trẻ sơ sinh có sử dụng điện tim. Mặc dù điện tim thai có thể ghi nhận trực tiếp hoặc gián tiếp.
- Ngày nay, có 2 phương pháp mới được phát triển để định chuẩn tim thai, không có phương pháp nào sử dụng điện cực, cả 2 định chuẩn hình ảnh 2 chiều, sau khi thu thập hình ảnh hoàn tất.
- Mỗi sơ đồ M-mode lần lượt được sử dụng để nhận diện hình ảnh 2 chiều với điểm tương ứng trong chu chuyển tim. Cuối cùng mỗi hình 2 chiều được đưa « thủ công » vào khối thuộc chu chuyển tim tương ứng.

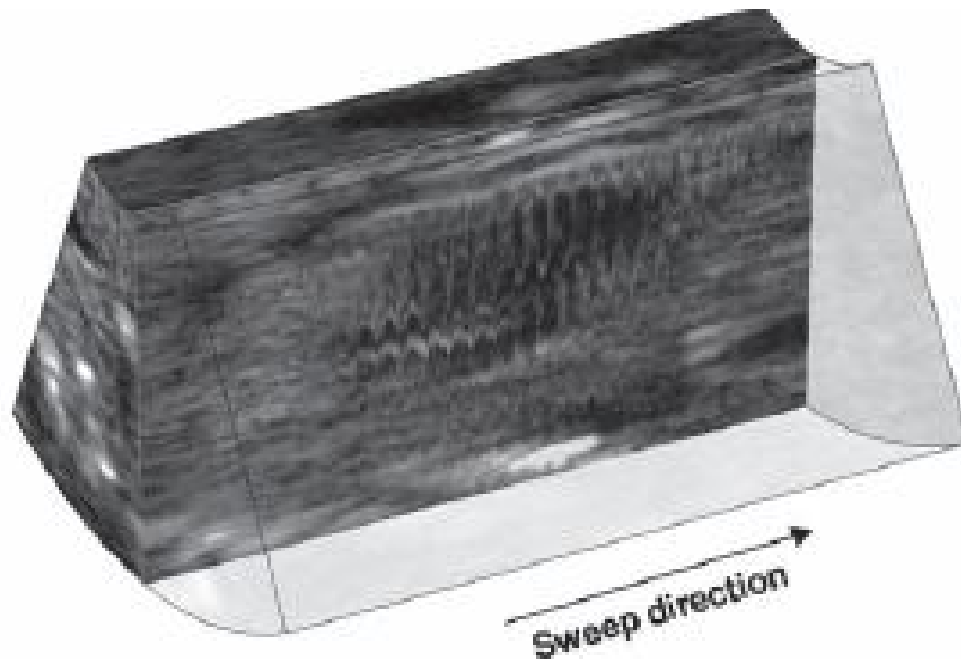
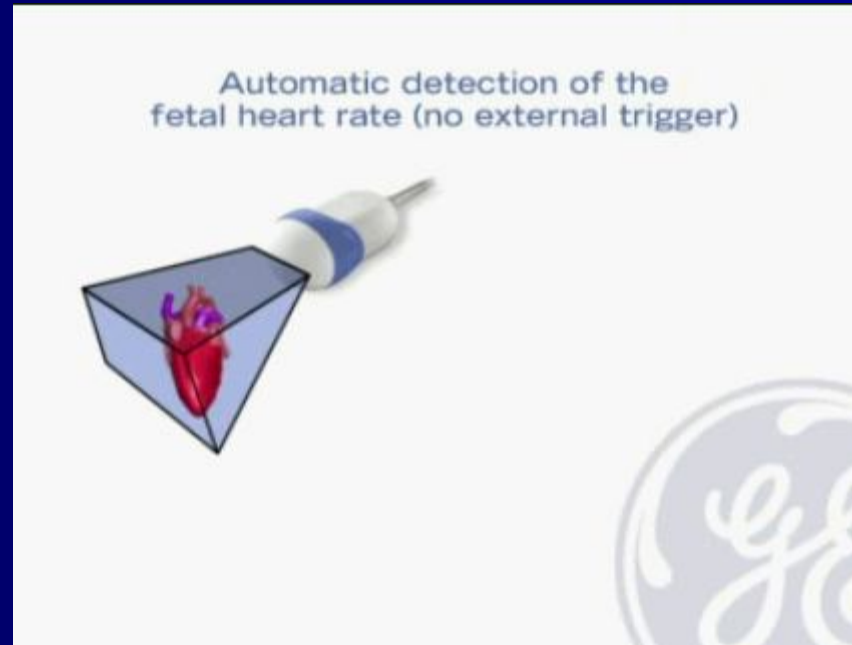


Figure 14.1

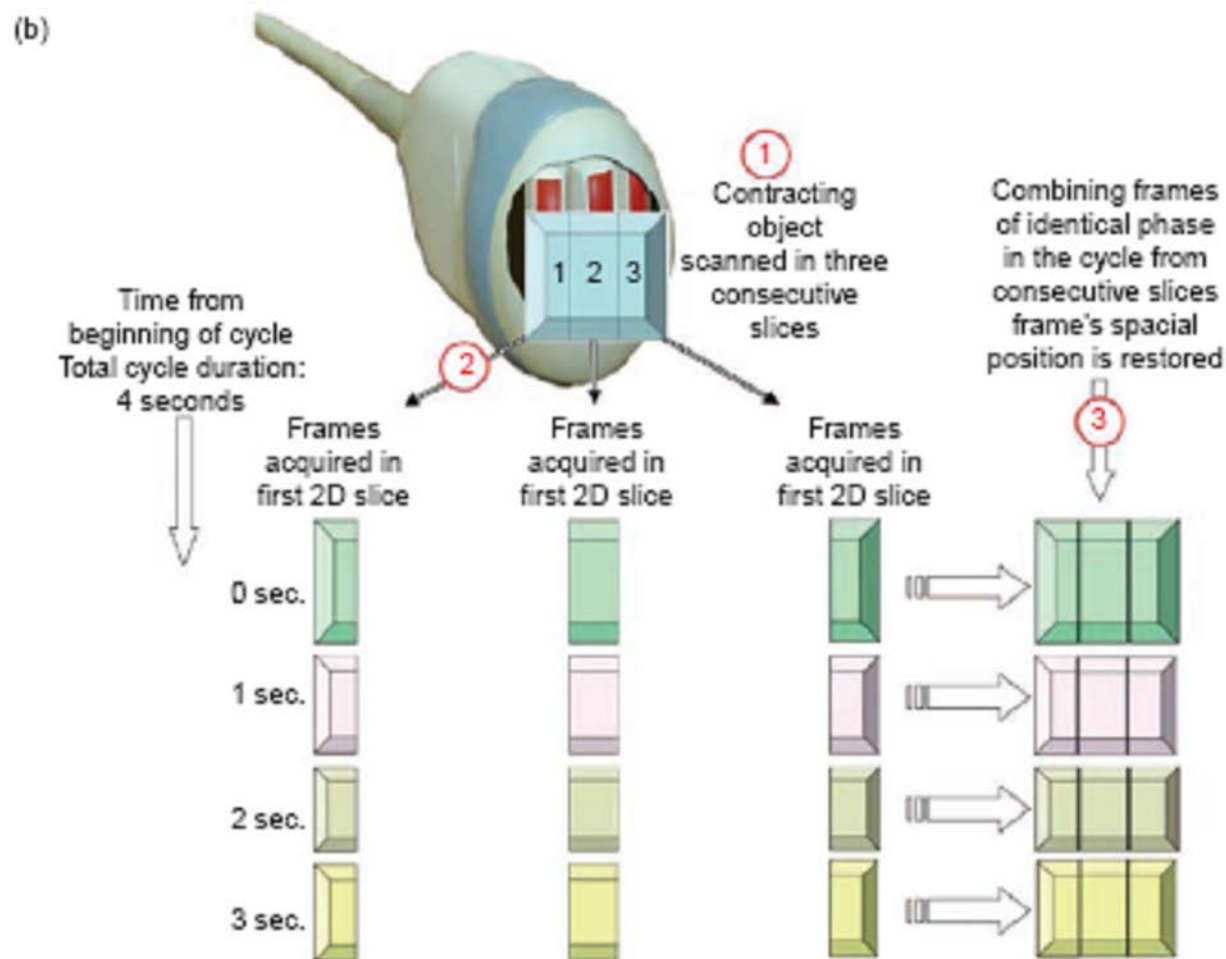
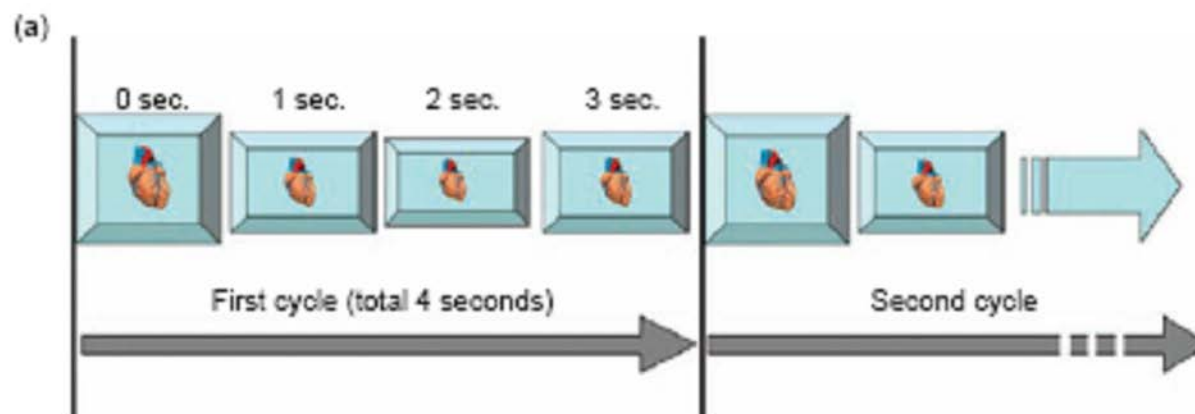
Raw data image used to calculate the fetal heart rate. This image is generated after the spatiotemporal image correlation (STIC) acquisition is performed as a single, slow sweep. Information from these raw data is used to rearrange the two-dimensional frames. This particular image is orthogonal to the original two-dimensional frame. Because of the long acquisition time (7.5–15 seconds from the left to the right end of this image), the beating heart draws a motion pattern. This pattern is analyzed in terms of periodical changes of gray-scale information, and the fetal heart rate is calculated. Beat-to-beat changes of the heart rate would appear as shortening or elongation of the above motion pattern. This image is not visible on the system during STIC acquisition, but helps to understand the technique (reproduced from reference 22 with permission from Elsevier).

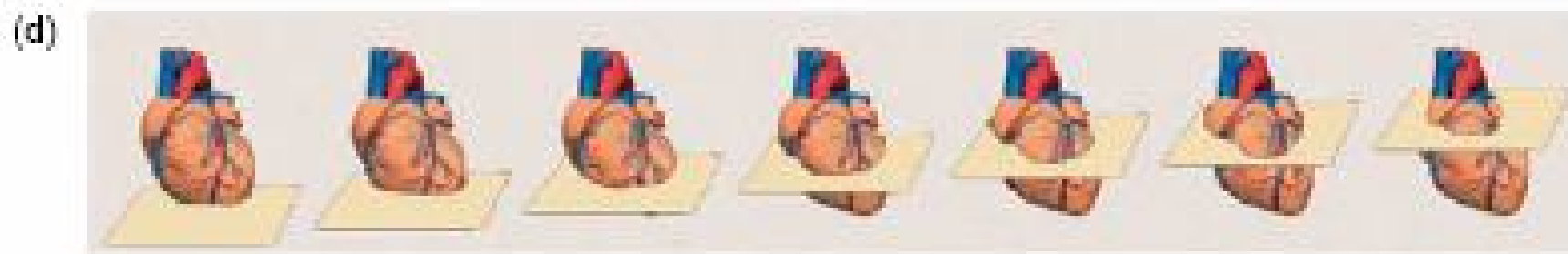
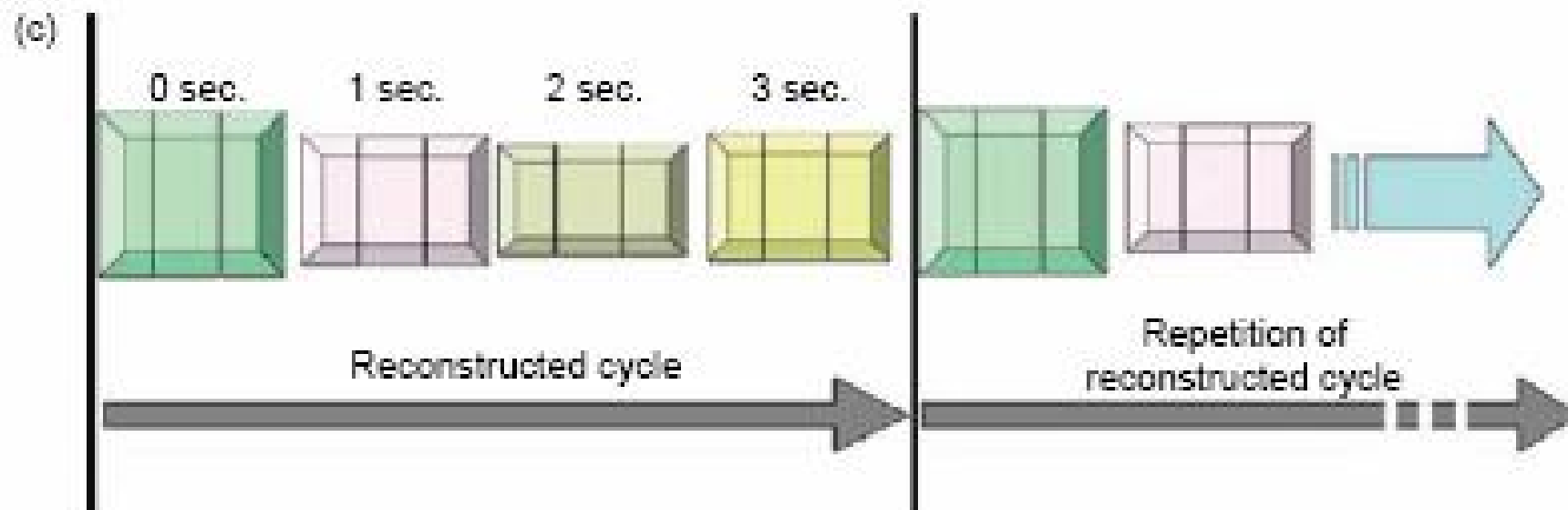
The STIC (Spatio temporal image correlation)

How to acquire a volume



Courtesy GE Medical System





8. Xử lý hình ảnh

- Xử lý hình ảnh trong tim thai 3-4 chiều cũng gần giống như trong SA tim 3-4 chiều sau sinh. Diễn hình lưu trong bộ nhớ vùng khảo sát bao gồm tim và đại động mạch theo các bước định chuẩn được áp dụng, những mặt cắt thu thập trong vùng khảo sát này được đưa vào khối dựa trên mỗi điểm ảnh không gian tương ứng.
- Các khoảng trống trong khối dữ liệu tái tạo (tương ứng khoảng trống giữa mặt cắt phụ ở ghi nhận 2 chiều góc) được điền vào hoặc nội suy, thường sử dụng lược đồ mà tích hợp từ dữ liệu gần nhất, để dự phỏng giá trị gần đúng.

9. Hiện thị hình ảnh

- Sau khi dữ liệu đã được thu thập (với mặt cắt đơn giản), lưu trữ, định chuẩn (một cách có chọn lọc) và xử lý, chúng có thể hiện thị ở các dạng khác nhau.
- Kỹ thuật này cho phép nhìn thấy các mặt cắt không thấy được trong quá trình cắt « thực », những mặt cắt tái tạo có thể xoay và nghiêng được để người quan sát dễ nhìn và hiểu được cấu trúc giải phẫu tim.
- Nhà quan sát phải tích hợp các mặt cắt GP trong đầu để tái tạo một hình ảnh 3 chiều, đòi hỏi 1 dung lượng nhớ nhỏ trong máy tính, khung chính hiện thị kỹ thuật hiện hình cơ bản đối với hình ảnh 3 chiều.

- Rendering
- Hiện thị có định chuẩn
- Hình ảnh ở bào thai và các nghiên cứu tiền LS.

Các mẹo để tối ưu hóa lúc ghi hình:

- Mặt cắt chuẩn để thu thập: Nếu muốn phân tích cổ điển, hay theo cung
- Vị trí thai: ngửa (CS-6h), không ghi hình cs 11-1h
- Chọn vùng định khảo sát (ROI): càng nhỏ càng tốt và chứa đủ thông tin → tối ưu hóa tần số khung và độ phân giải.
- Thiết lập góc ghi hình: từ phần trung thất trên xuống phần bụng cao (dd, ĐMC xuống, TMCD). 3 tháng giữa góc quét 25-35°.
- Thiết lập thời gian ghi hình: 5-15s, mẹ nằm yên, nín thở

10. SATT 3-4 chiều trong chẩn đoán BTBS

- Các mặt cắt ảo: TLT, PFOrest, van NT

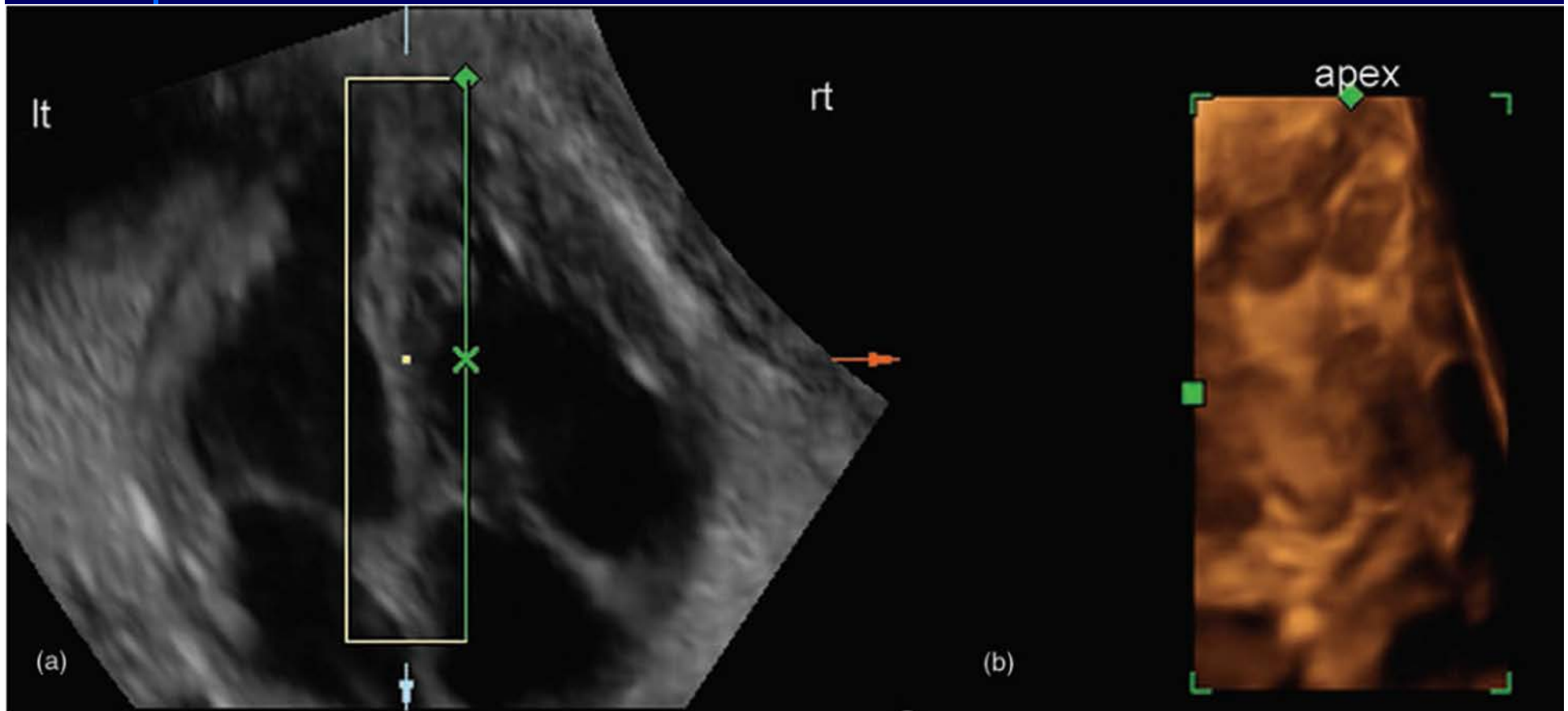
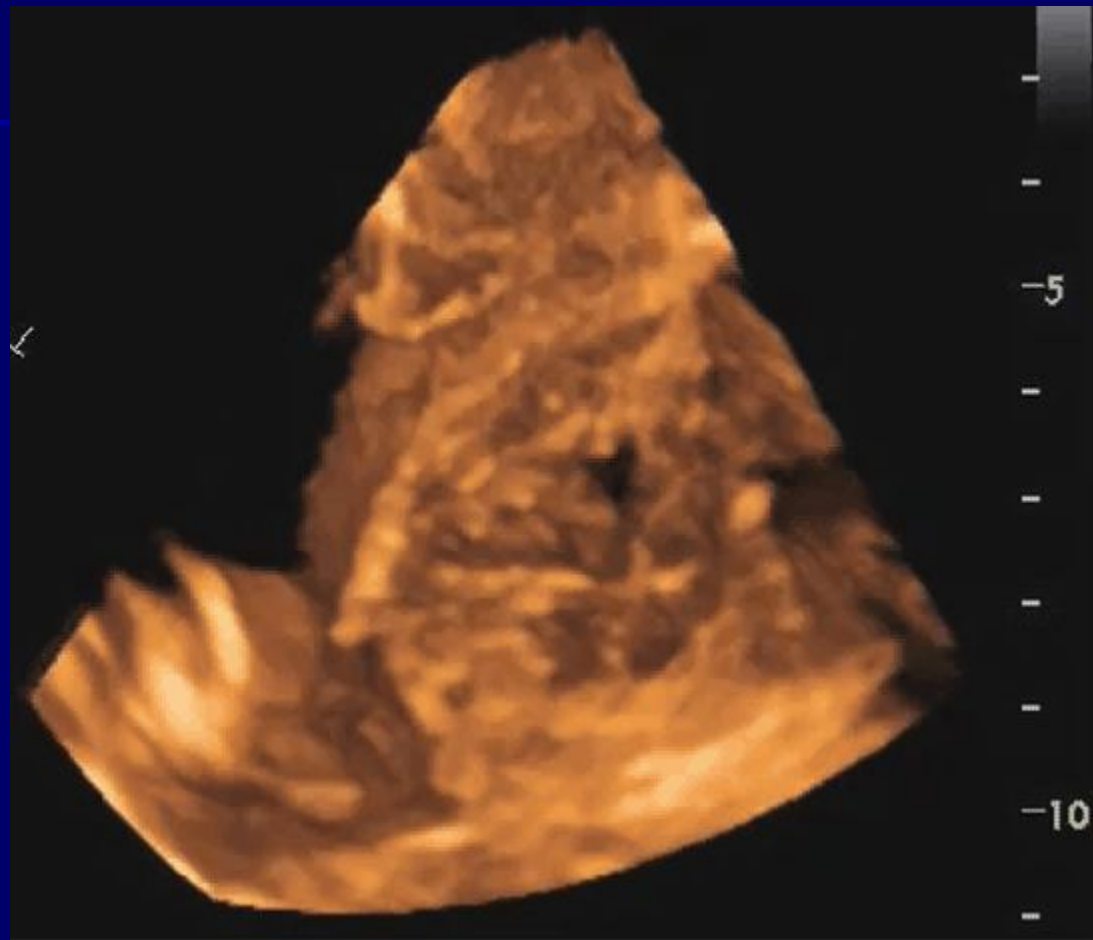
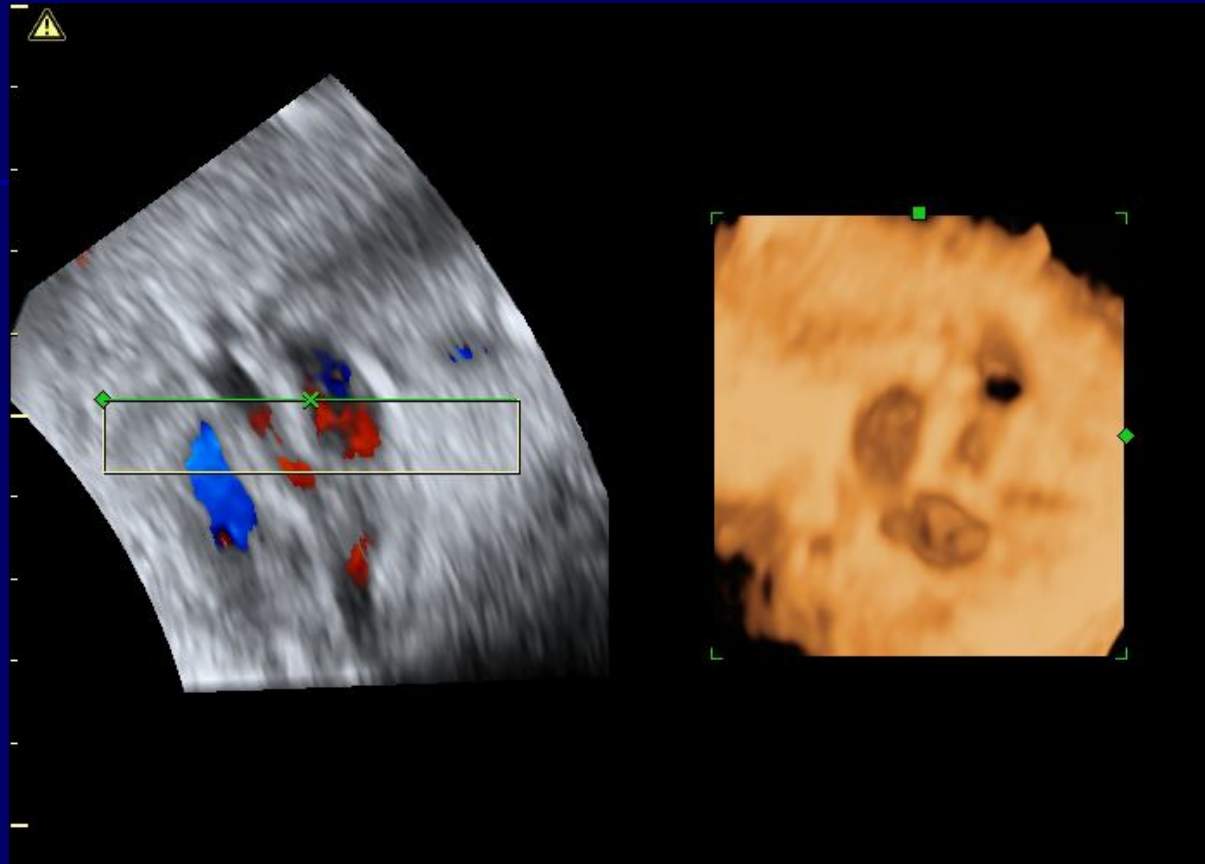


Figure 15.7

Normal interventricular septum in 3D rendering mode. In frame A (a) the bounding box is placed tightly around the septum with the active side (green line) on the right. The D-frame (b) shows the septum 'en face': note the rough appearance of the septum from within the trabeculated right ventricle. (Reproduced with permission from Yagel S, Cohen SM, Shapiro I, Valsky DV.

3D and 4D ultrasound in fetal cardiac scanning: a new look at the fetal heart. Ultrasound Obstet Gynecol 2007; 29: 81–95.





- Tiếp cận theo tầng:
 - + TM & nhĩ: RVPAT & gián đoạn TMCD

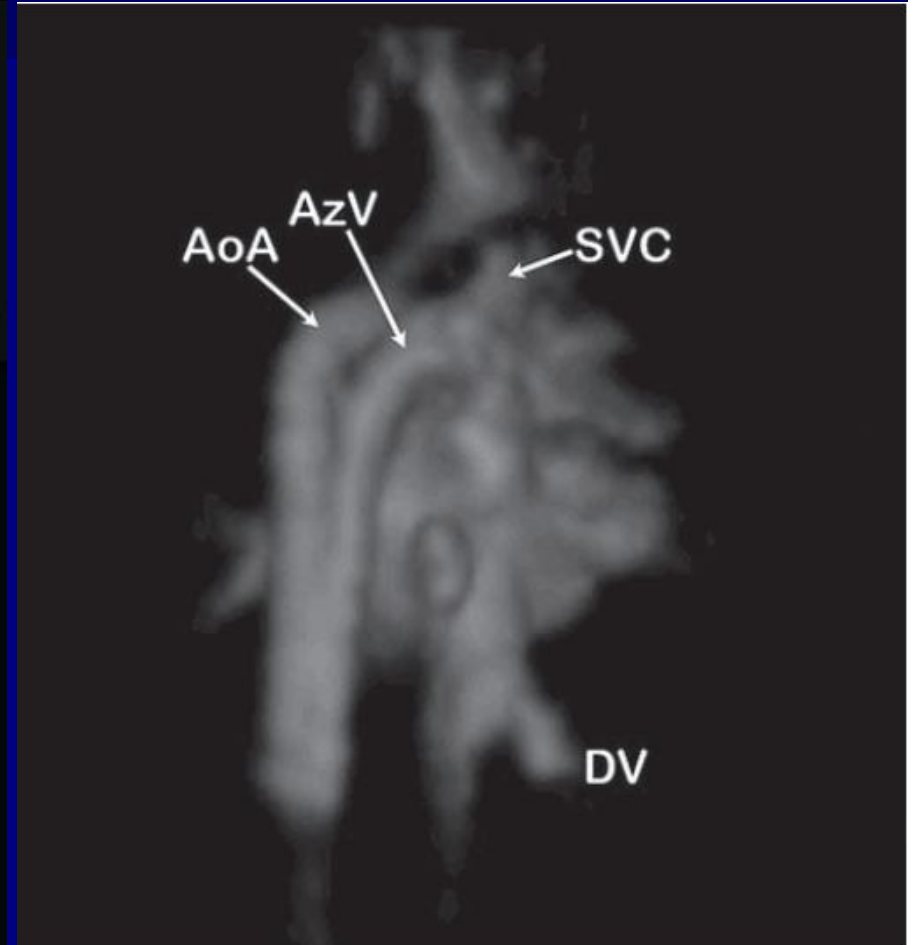
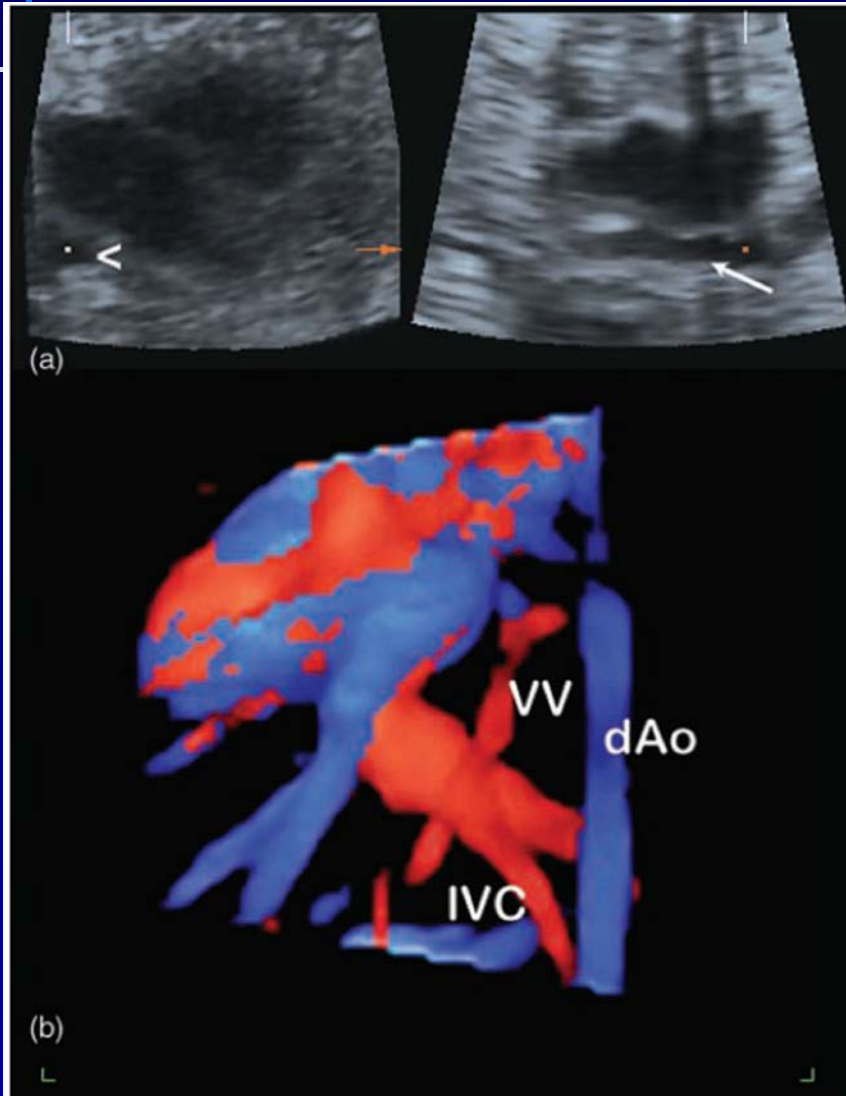
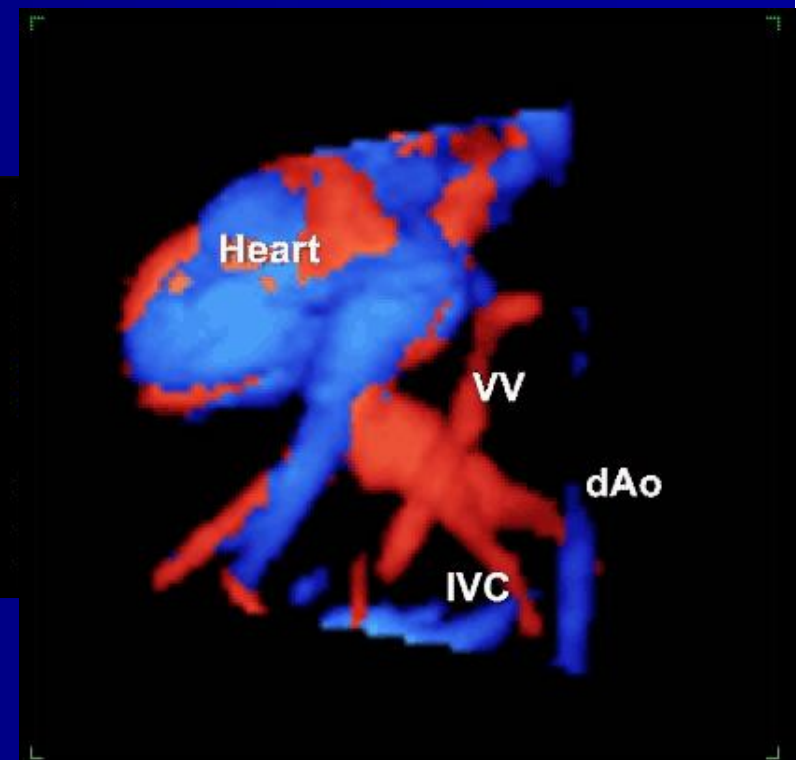
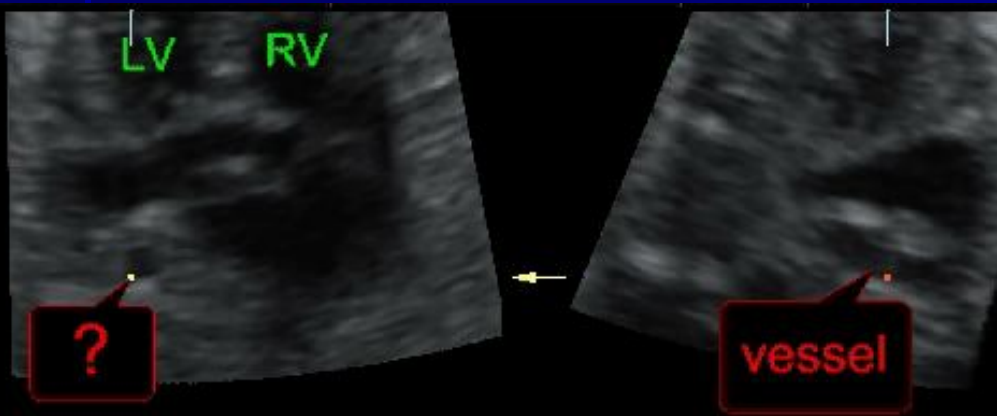
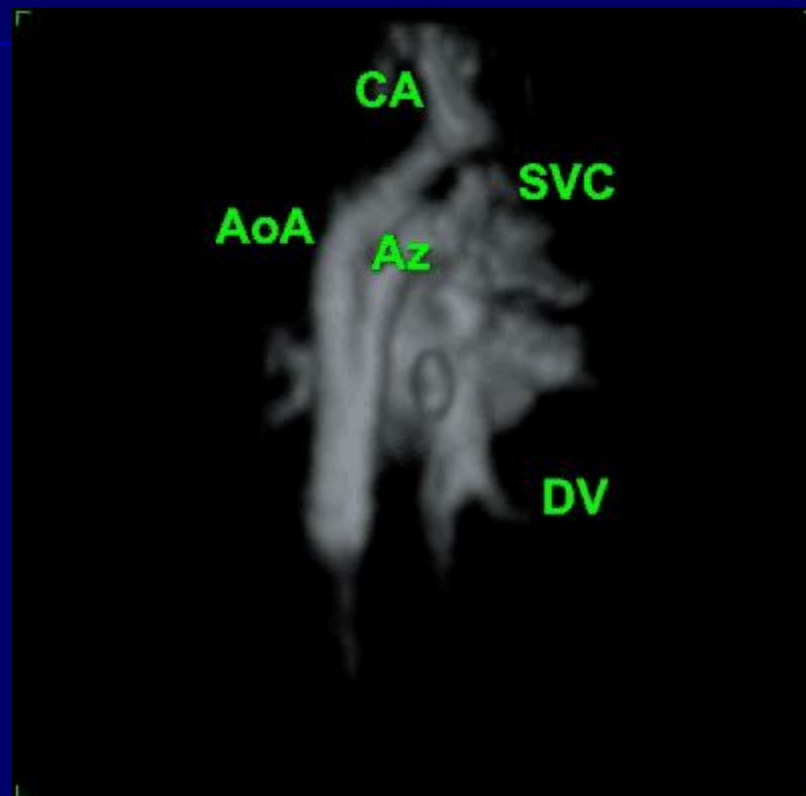


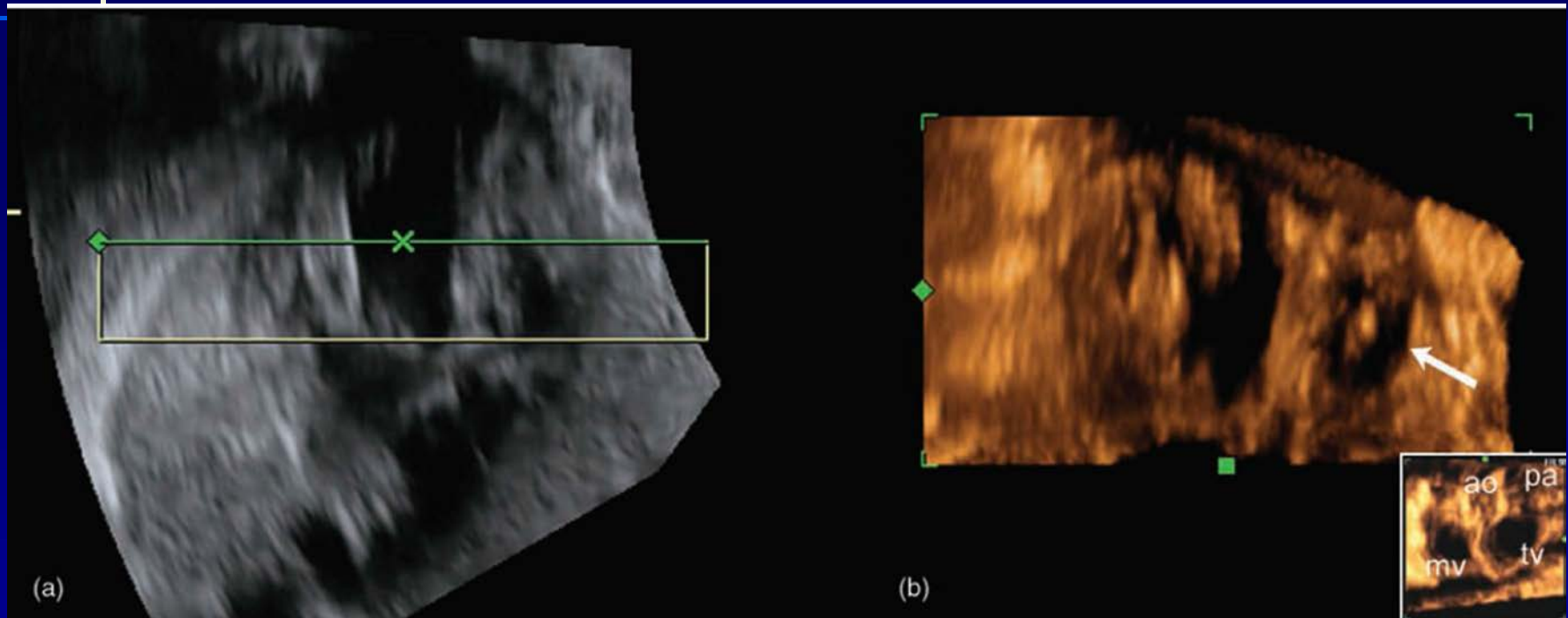
Figure 15.11

B-flow image of the heart and great vessels in a fetus with interrupted inferior vena cava with azygos continuation.

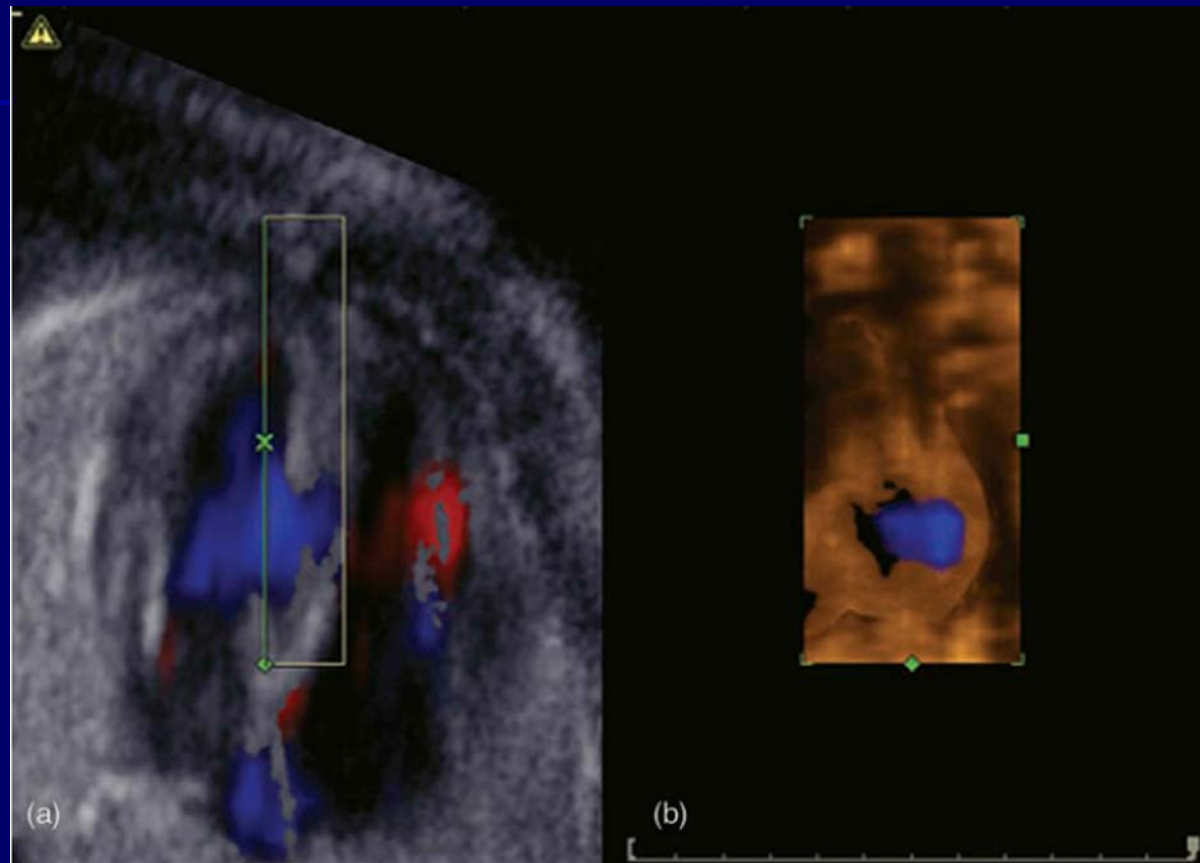


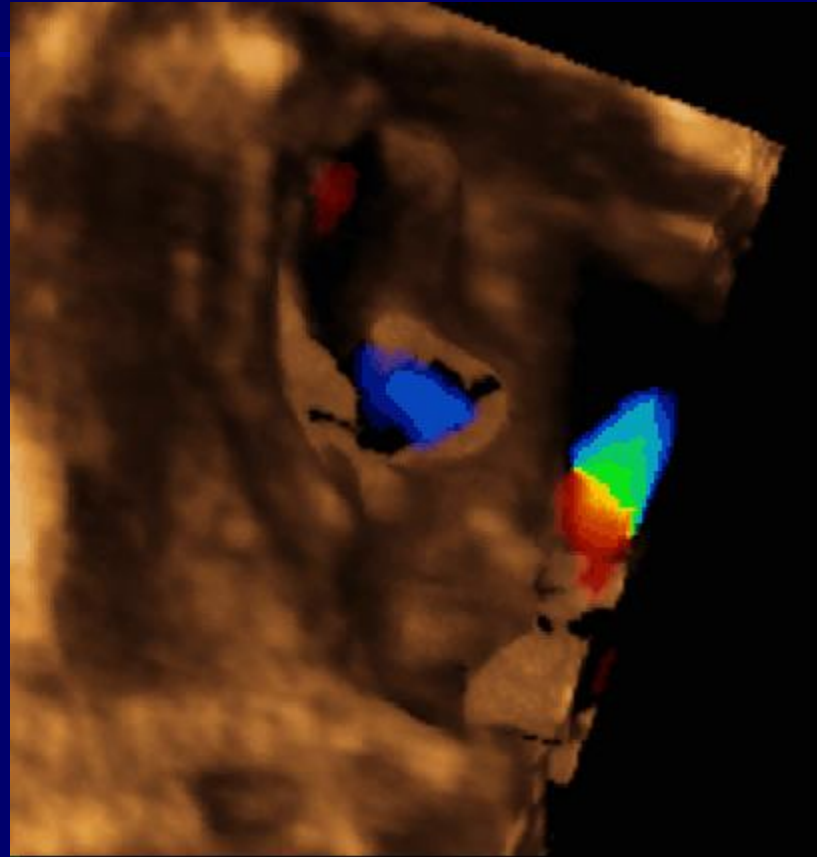


+ Kết nối nhĩ thất: CAV & hẹp van

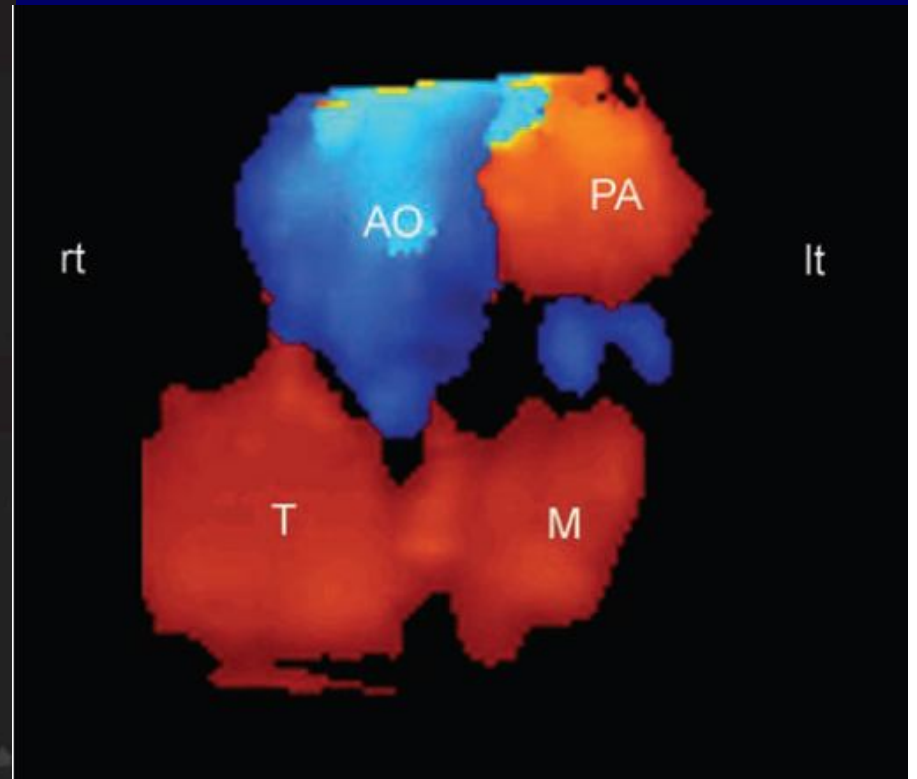
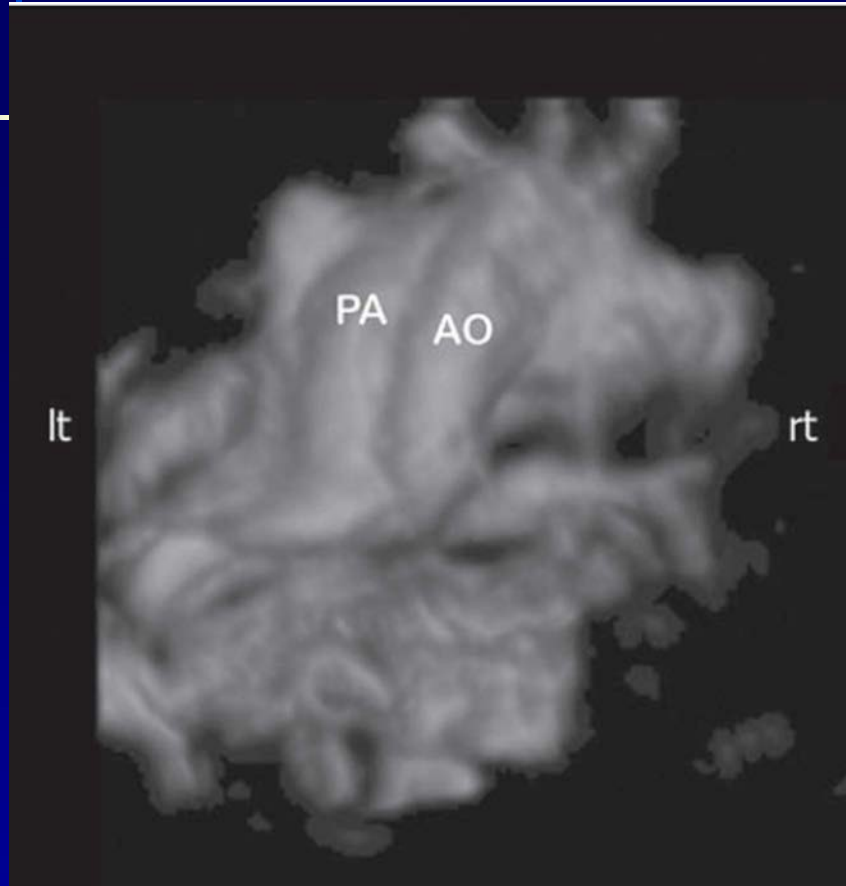


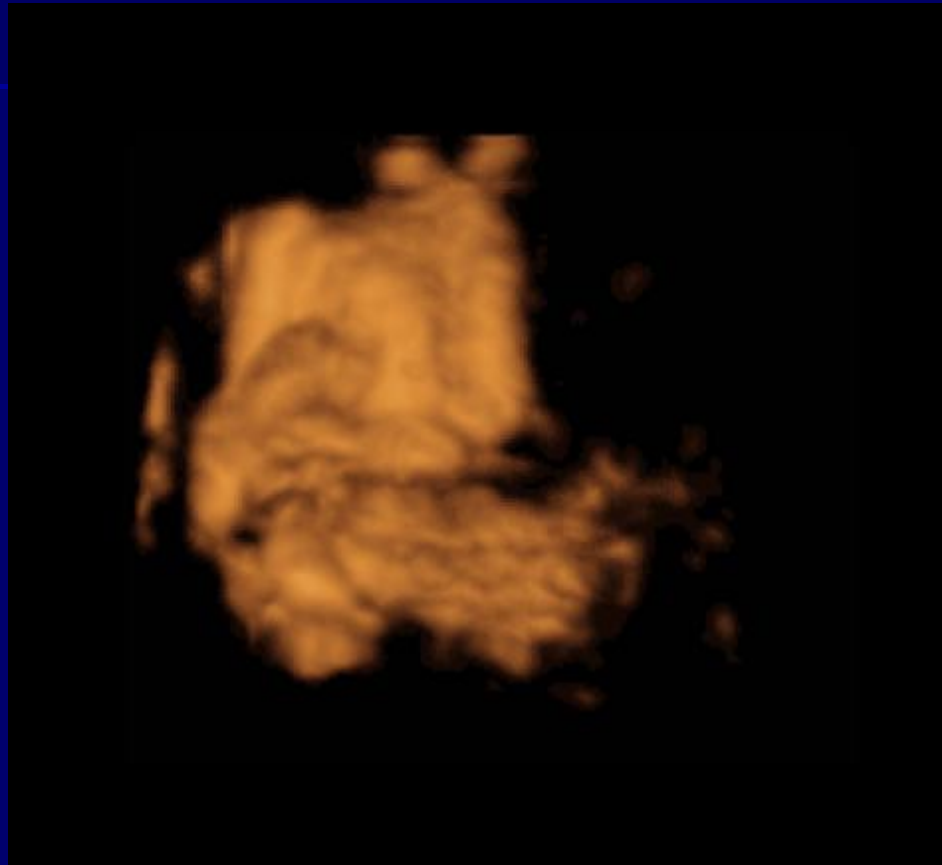
+ Thất: TLT



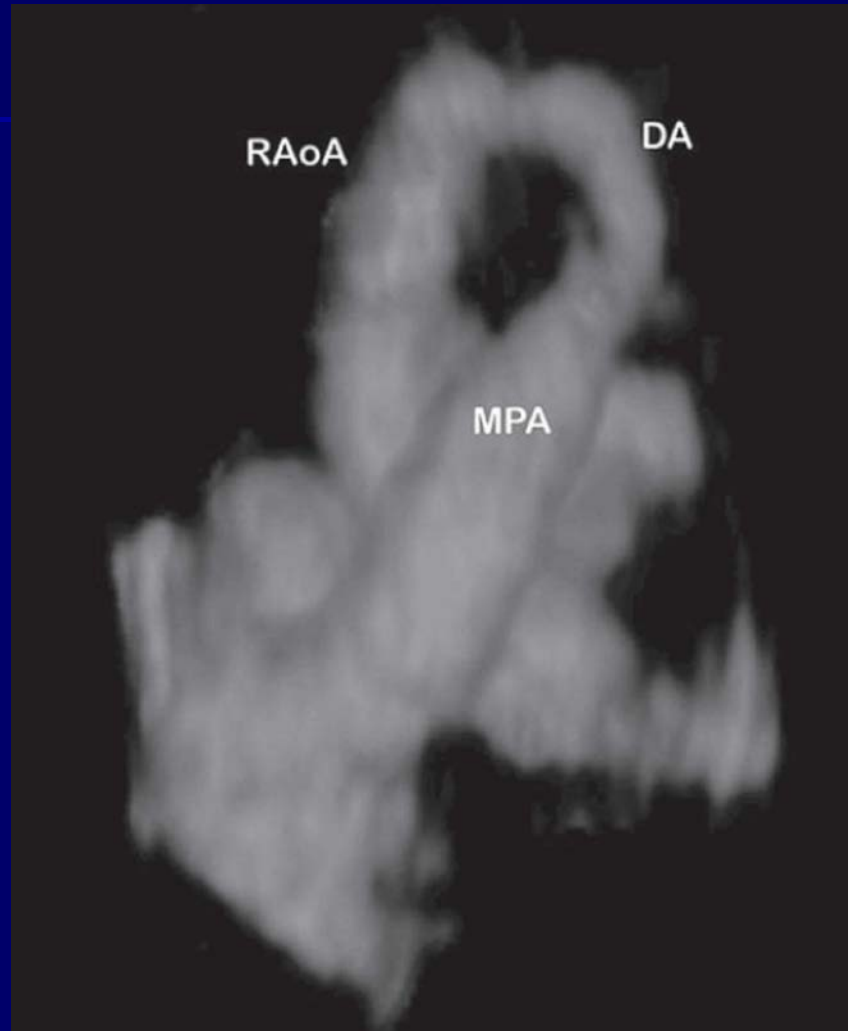


+ Kết nối thất-ĐM: TGV



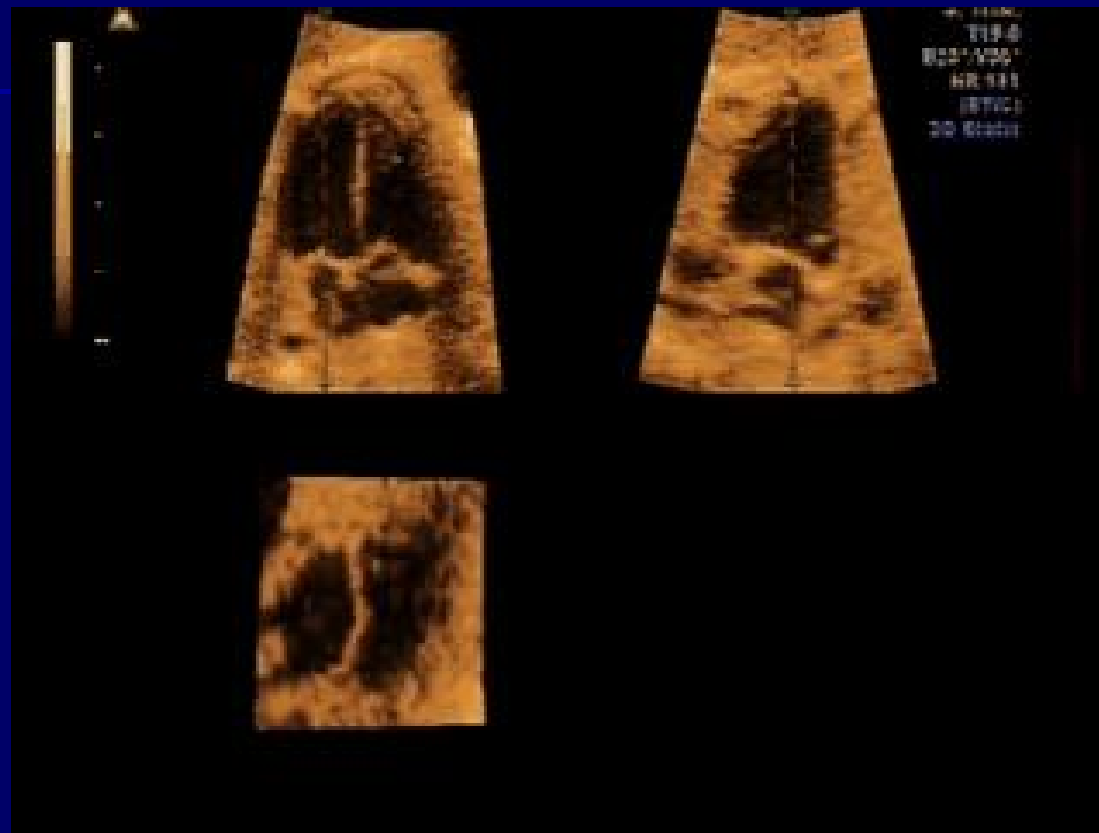


+ Thân ĐM: SP & cung ĐMC bên phải



+ Đánh giá chức năng: kết hợp STIC, inversion mode và VOCAL để đánh giá chức năng

ứng dụng trong hẹp van ĐMC, ĐMP; Ebstein, TSV, phình TM Galen



10. Kết luận

- Các nghiên cứu đến nay cho thấy hình ảnh thai 3-4 chiều có định chuẩn và không định chuẩn có thể thực hiện được. Các nghiên cứu không định chuẩn cho kết quả lẫn lộn, một vài tác giả cho rằng kỹ thuật này có giá trị lâm sàng, một vài tác giả khác lại cho rằng kỹ thuật này có nhiều bất lợi và cho kết quả sai.
- Một vài nghiên cứu SATT 3-4 chiều có định chuẩn mang nhiều hứa hẹn với cải thiện khả năng nhìn rõ cấu trúc tim và khả năng duy nhất để đánh giá chức năng lá van và thất. Đến nay còn ít nghiên cứu đánh giá khả năng sử dụng hình ảnh thai 3-4 chiều để đo đặc chỉ số tim.

- Những thông tin định lượng có thể có lợi trong tương lai, ví dụ tạo thuận lợi trong chẩn đoán như hẹp eo ĐMC và cải thiện khả năng định bệnh trong giai đoạn sớm. Tuy nhiên vai trò SA tim thai 3-4 chiều trong tương lai cũng chưa rõ ràng.
- Tái cấu trúc: đánh giá chức năng và cung lượng tim, mạch máu (inversion mode)

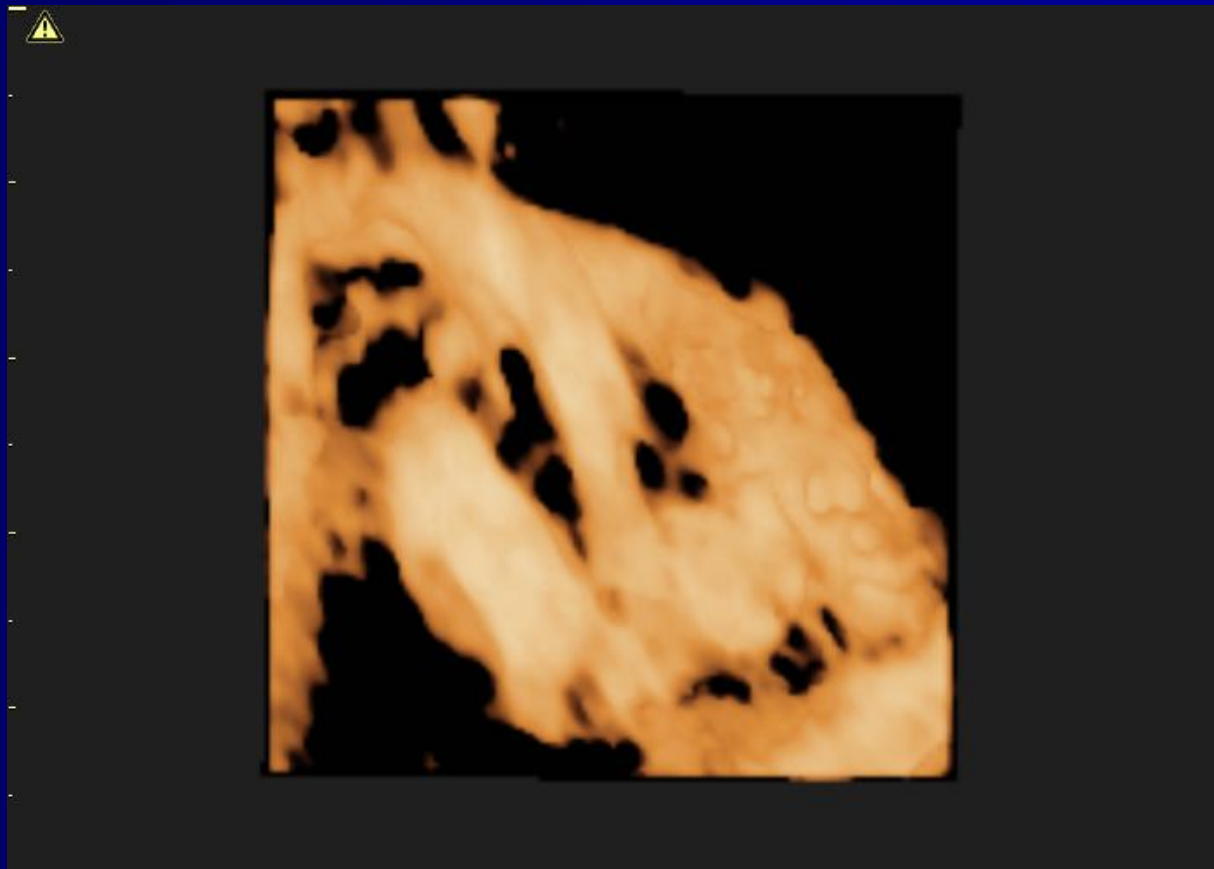
- Các hạn chế về mặt kỹ thuật và định hướng phát triển tương lai :

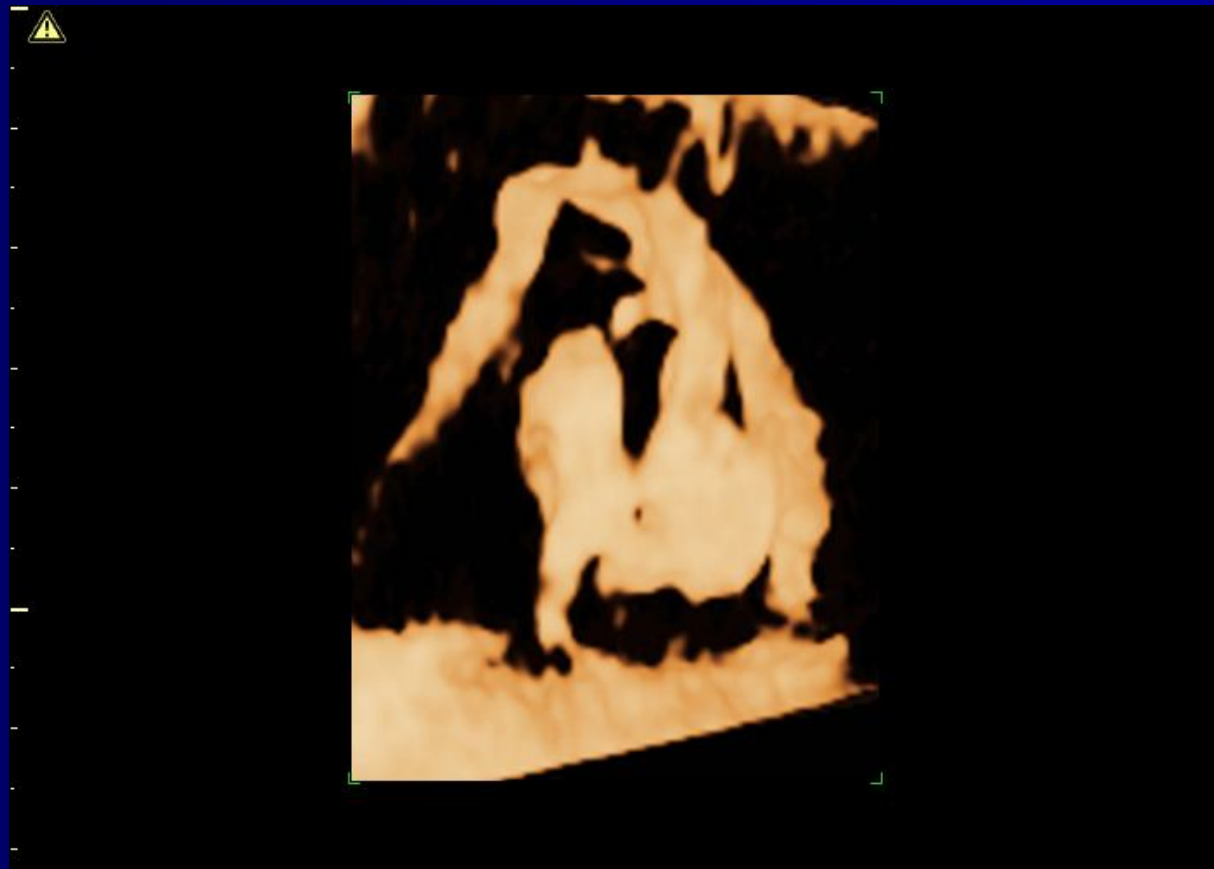
Để tối ưu hóa tiềm năng trên lâm sàng, hình ảnh thai 3-4 chiều cần phát triển theo nhiều hướng khác nhau. Các phần mềm và trang thiết bị tiếp tục phát triển, chất lượng hình ảnh 2 chiều (và độ phân giải 3 chiều) sẽ cải thiện.

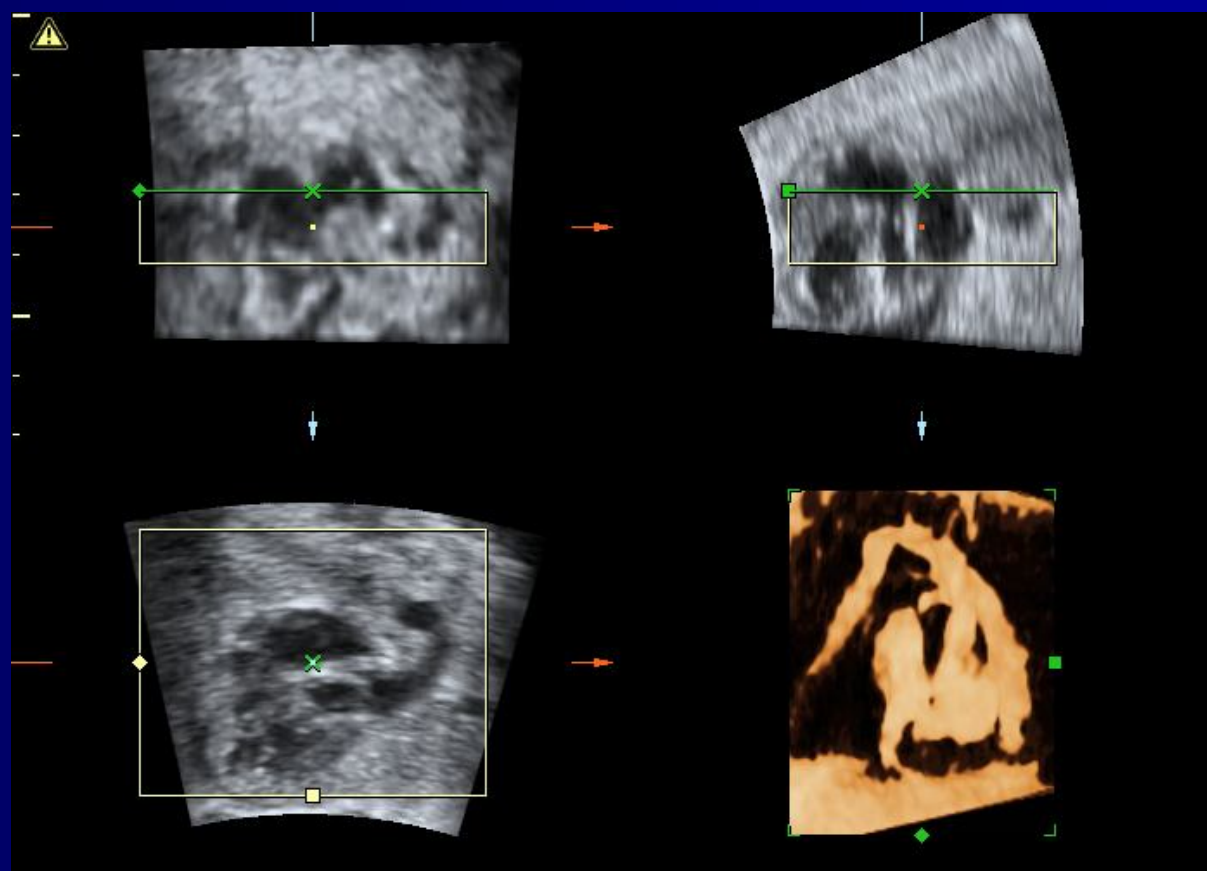
- Tiềm năng lâm sàng :

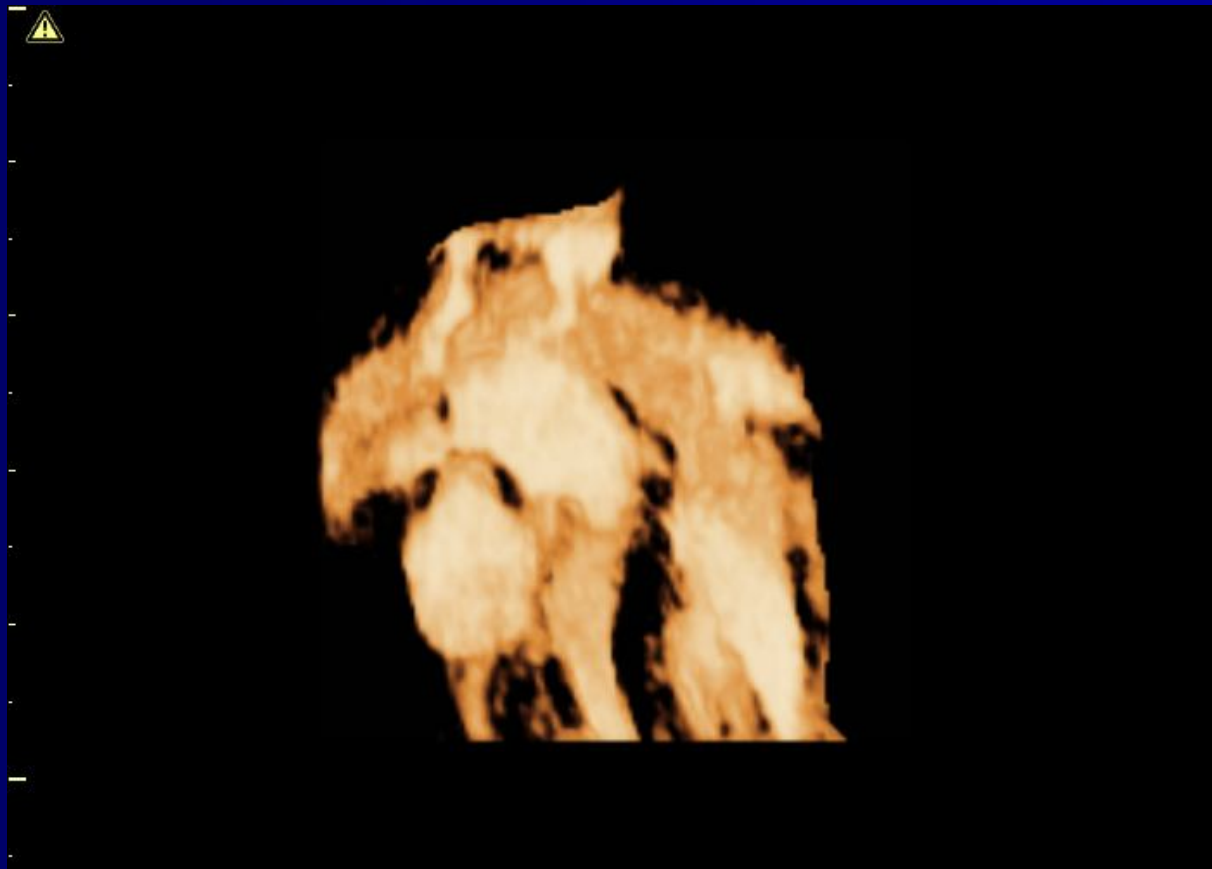
Hình ảnh 3-4 chiều thai có tiềm năng trở thành công cụ chẩn đoán quan trọng trên lâm sàng, bổ sung SA thai truyền thống

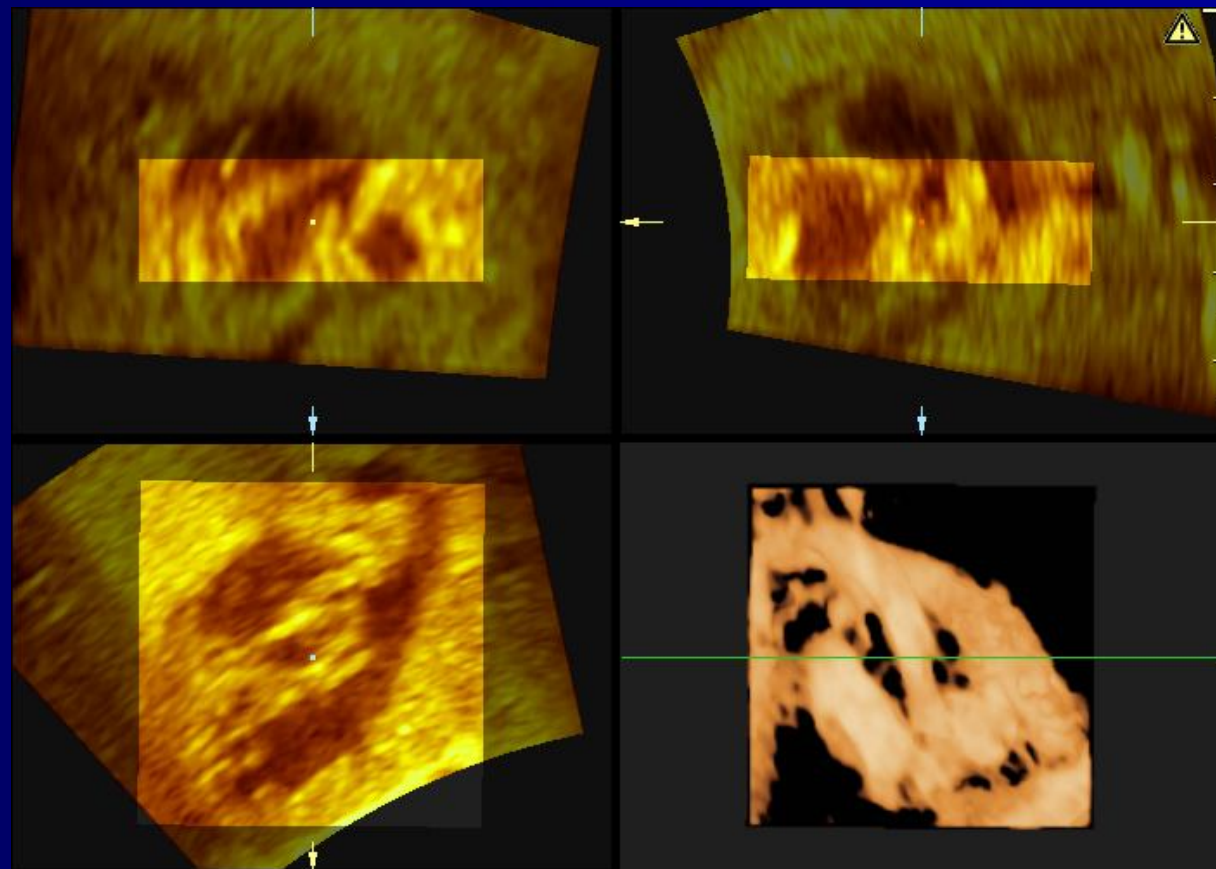
- Hình ảnh 3-4 chiều có hứa hẹn lớn dù đang ở giai đoạn phát triển sớm. Với những bước khởi đầu từ năm 1995, kĩ thuật này hiện vẫn còn được xem là nghiên cứu lâm sàng. Cũng giống như hình ảnh 2 chiều kết quả hình ảnh 3-4 chiều phụ thuộc nhiều vào kĩ năng người thực hiện.
- Chưa có nghiên cứu lớn 3-4D trong tầm soát BTBS











INTRODUCTION

The introduction of 3D colour Doppler echocardiography with a systemic real time 4D (STIC) approach allows acquisition of data volumes from the fetal heart.

Aims of the study:

- STIC volumes obtained from the 4 chamber view can form an useful tool to overcome the difficulties of visualising the different cardiac parts
- correlate STIC images with 2D Doppler studies for the prenatal diagnosis of congenital heart disease

Methods

Retrospective study

foetal STIC investigations (2004-2005),
acquisition varying in angle between 20-30°
taking 10-15 seconds

Data sets analysed:

- normal fetal population
image availability of all cardiac structures
- group with CHD
efficacy of diagnosis compared to 2D results and
post-natal outcome

The analysis was performed by a program, projecting images in 3
orthogonal dynamic planes

Study

Normal population:

image availability of all cardiac structures

- 47 studies of 37 normal fetuses were analysed
with the 4CV as starting point for volume acquisition
- 30 between 17-24 weeks gestation
 - 17 between 25-36 weeks gestation

An inexperienced investigator reviewed data after a learning period for the use of the 3D technique

The STIC (Spatio temporal image correlation)

How to acquire a volume

Quiet fetus lying on its back

Axial view from the apex of the four chambers

Shortest volume possible

20 to 30 degrees at 20-22 weeks, 30 to 45 after
32 weeks

Long acquisition time (7.5 – 15 seconds)

The STIC (Spatio temporal image correlation)

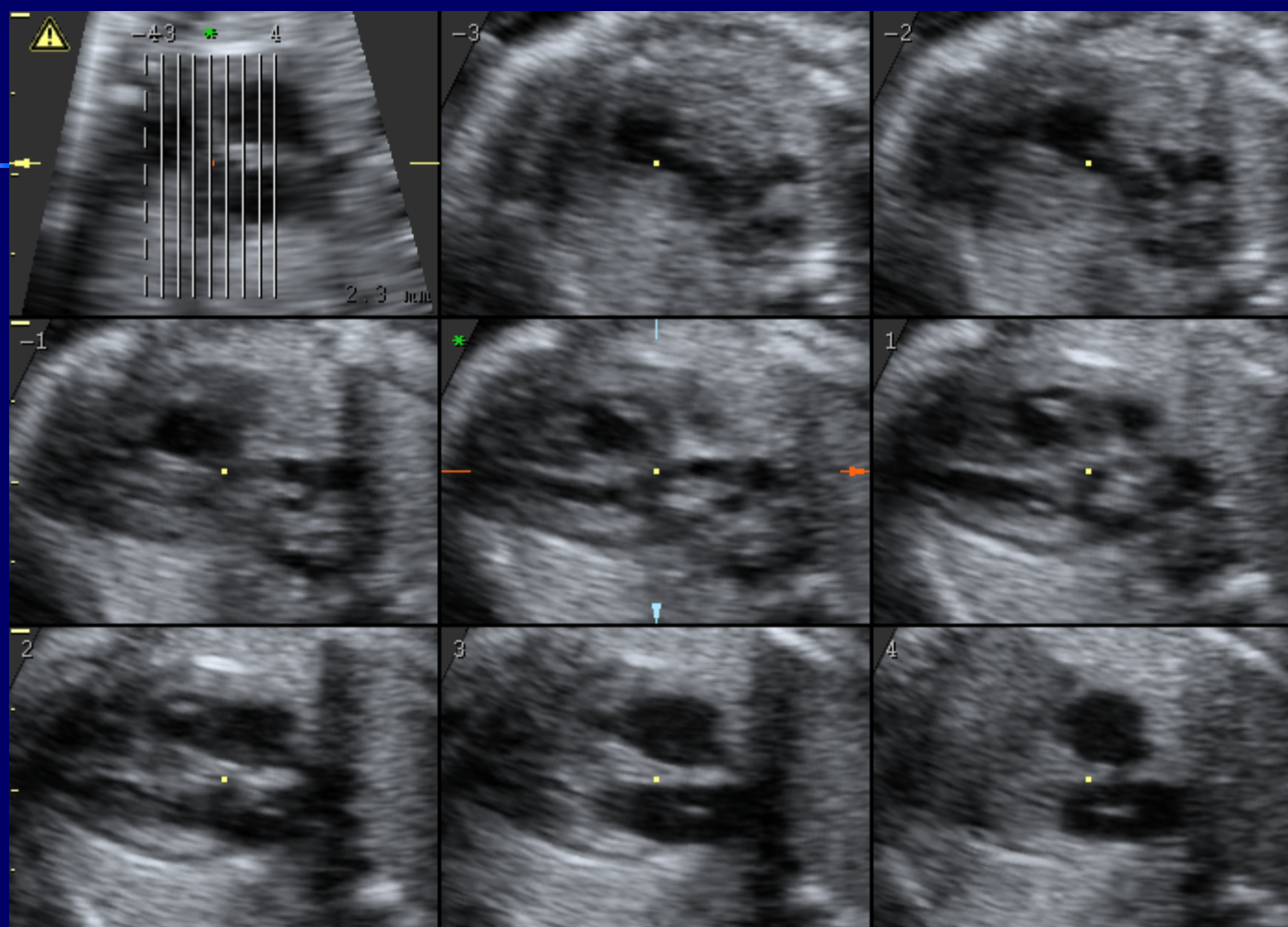
Aims of our study were:

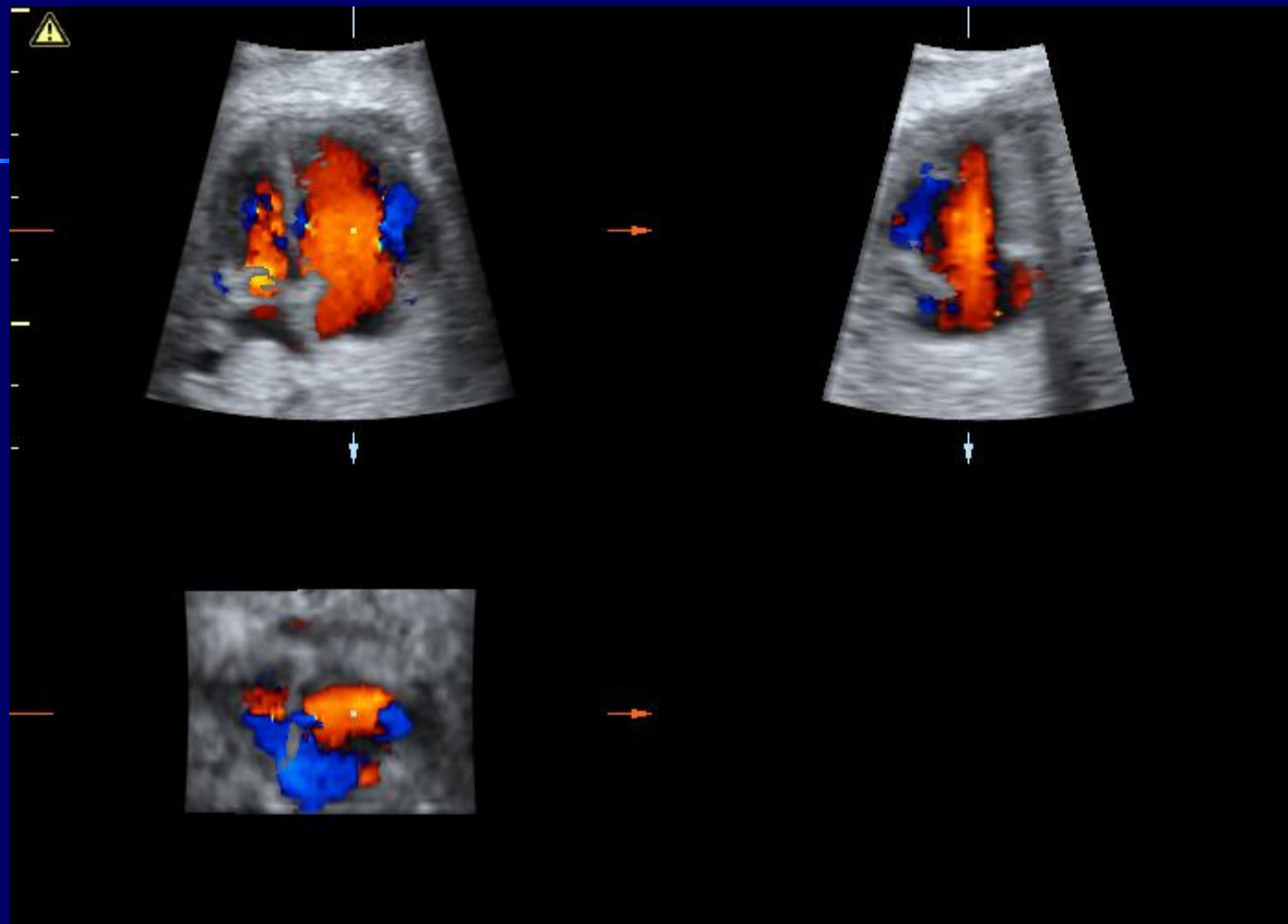
1. To evaluate the feasibility of reading a STIC volume.

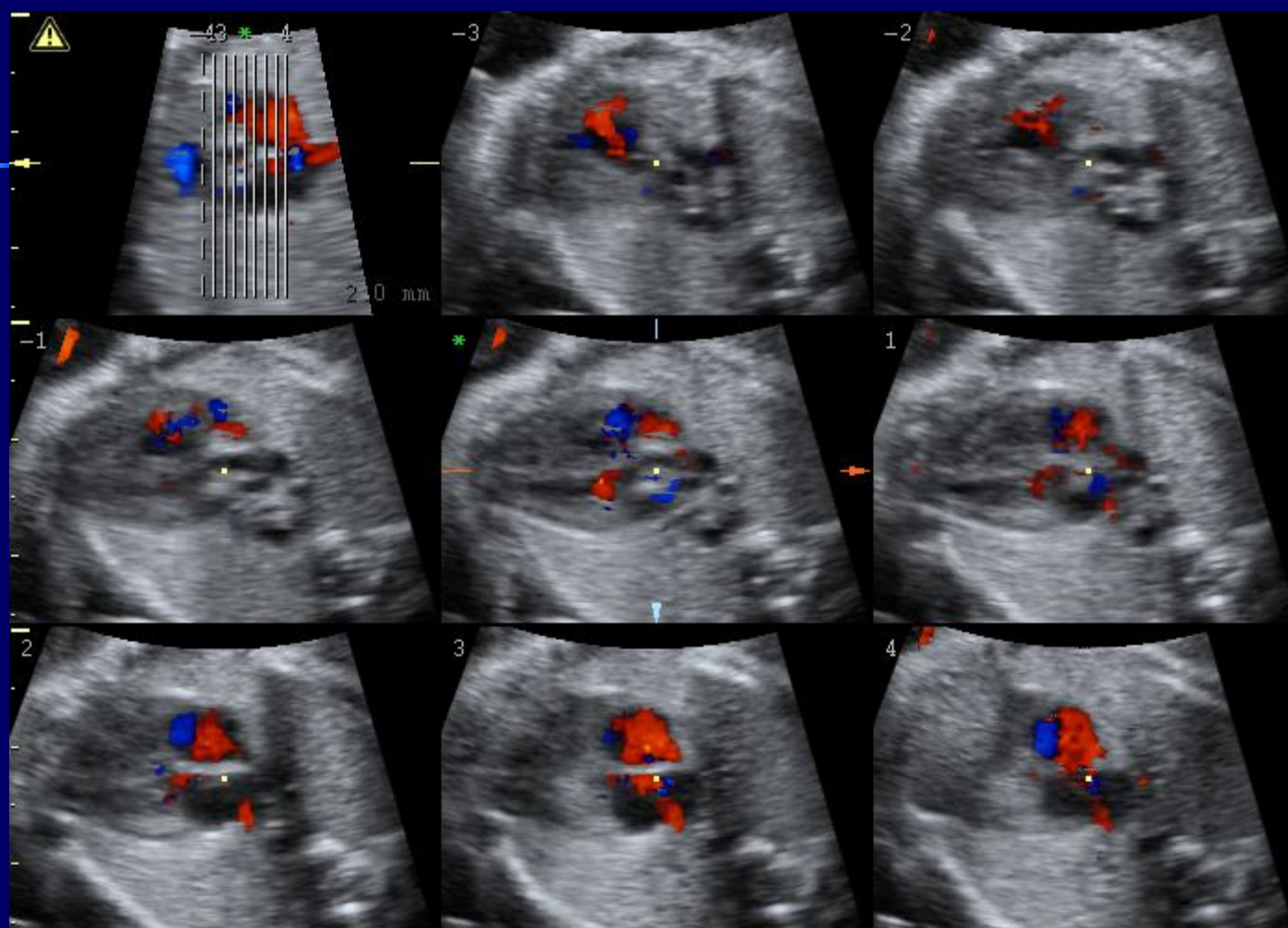
A young resident used 4D-view analyzed the volume of the heart of 36 fetuses acquired by a senior ultrasonographer.

She tried to recognize:

The four chambers, the interventricular septum, the atrio-ventricular valves, the origin of the aorta, the pulmonary artery and the crossing-over of both great vessels.







The STIC (Spatio temporal image correlation)

Evaluation by a resident in ultrasonography of STIC volumes acquired by an echocardiographer

Gestational age	4 chambers	I-V septum	A-v valves	Outflow tract Aorta	Outflow tract Pulmonary artery	Aortic arch	Ductus arteriosus	Pulmonary veins
18 – 24 N=36	100	100	100	89	86	31	56	31
25-37 N=46	100	98	100	93	93	22	52	35

A complete cardiac exam was possible in 72/82 cases (88%)

The STIC (Spatio temporal image correlation)

Evaluation by a senior ultrasonographer of STIC volumes acquired by residents in echography

Gestational age	4 chambers	I-V septum	A-v valves	Outflow tract Aorta	Outflow tract Pulmonary artery	Aortic arch	Ductus arteriosus	Pulmonary veins
18 – 24 N= 7	100	100	100	100	100	29	43	29
25-36 N=24	100	96	96	100	92	21	33	38

A complete cardiac exam was possible in 28/31 cases (90%)

The STIC (Spatio temporal image correlation)

Conclusions

In skilled hands, the STIC technology offers little help in the screening of fetal heart anomalies.

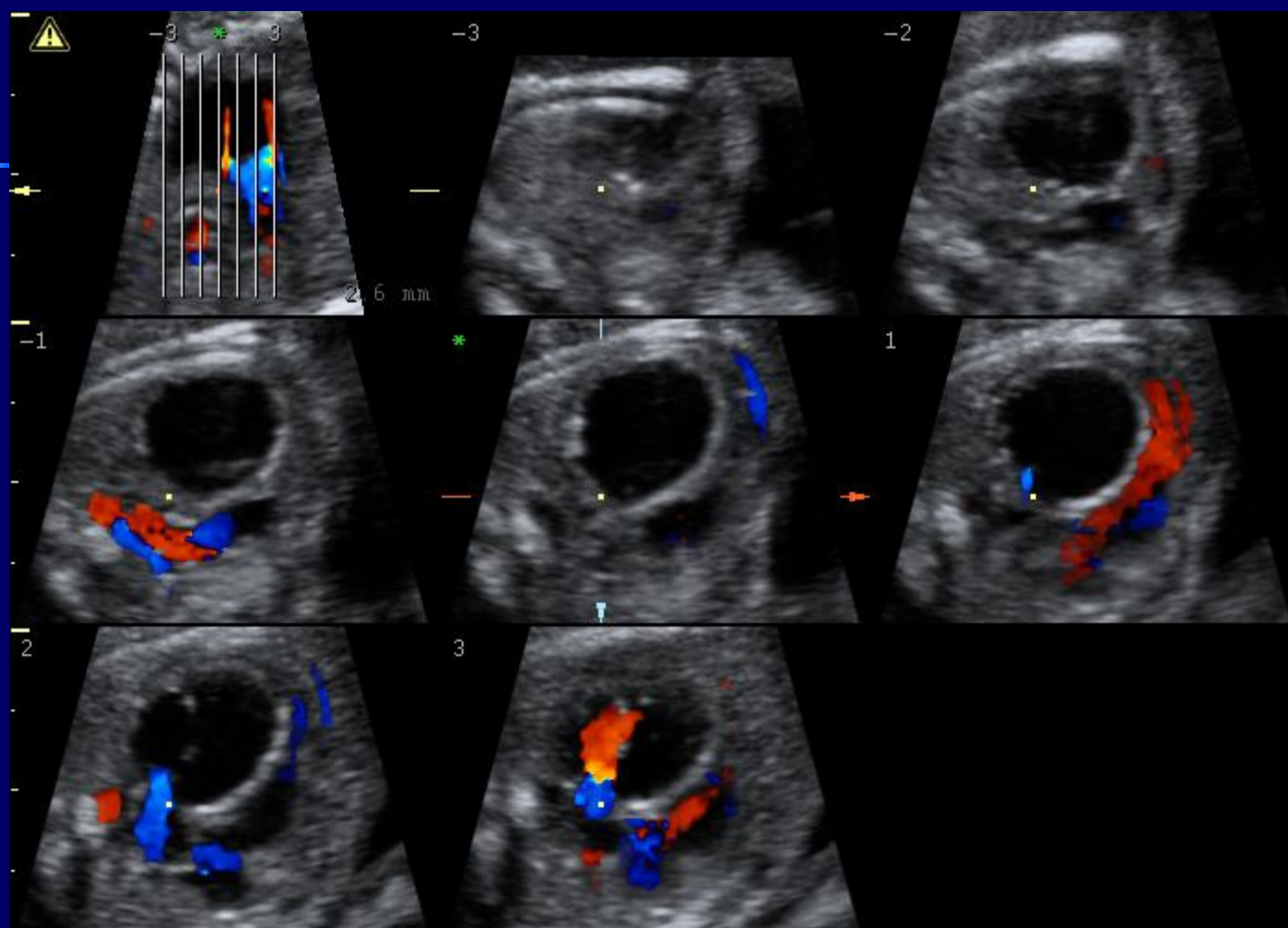
Its use in case of difficult examination allows an a posteriori analysis with colleagues.

Study

group with CHD: 14-36 weeks gestation, mean: 27
efficacy of diagnosis compared to 2D results
and post-natal outcome

4D diagnosis included.

TGA, DORV, Single Ventricle, Tetralogy of Fallot,
Pulmonary Atresia, Pulmonary Stenosis,
Aortic Stenosis,
Hypoplastic Aortic Arch and VSD(perim. & musc),
Mitral Papillary Calcificationsa
Pentalogy of Cantrel.

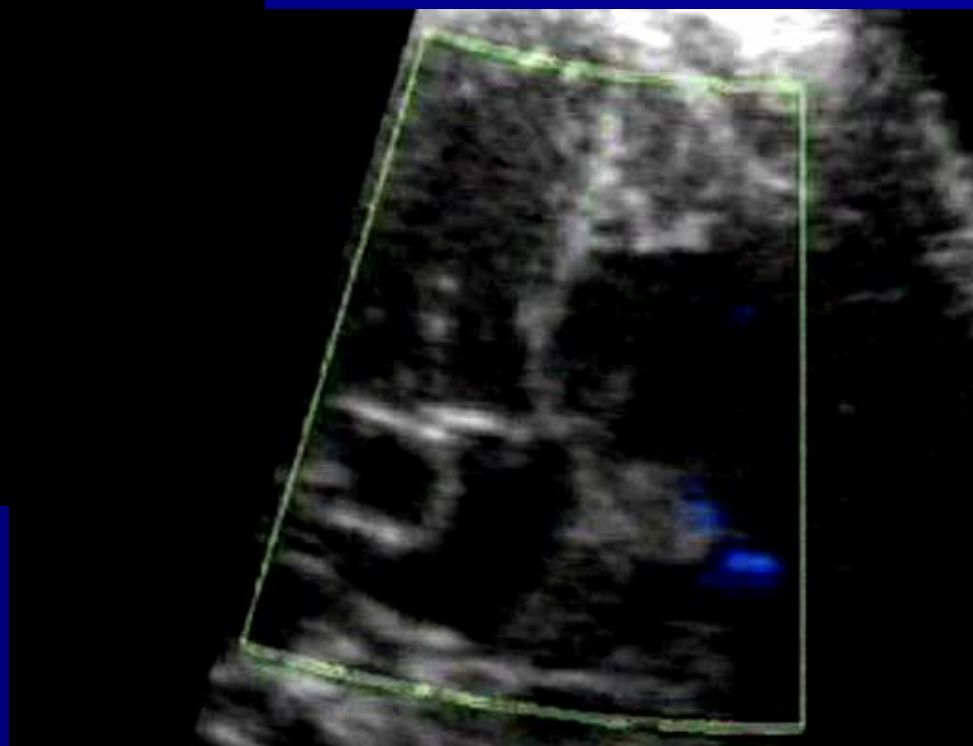
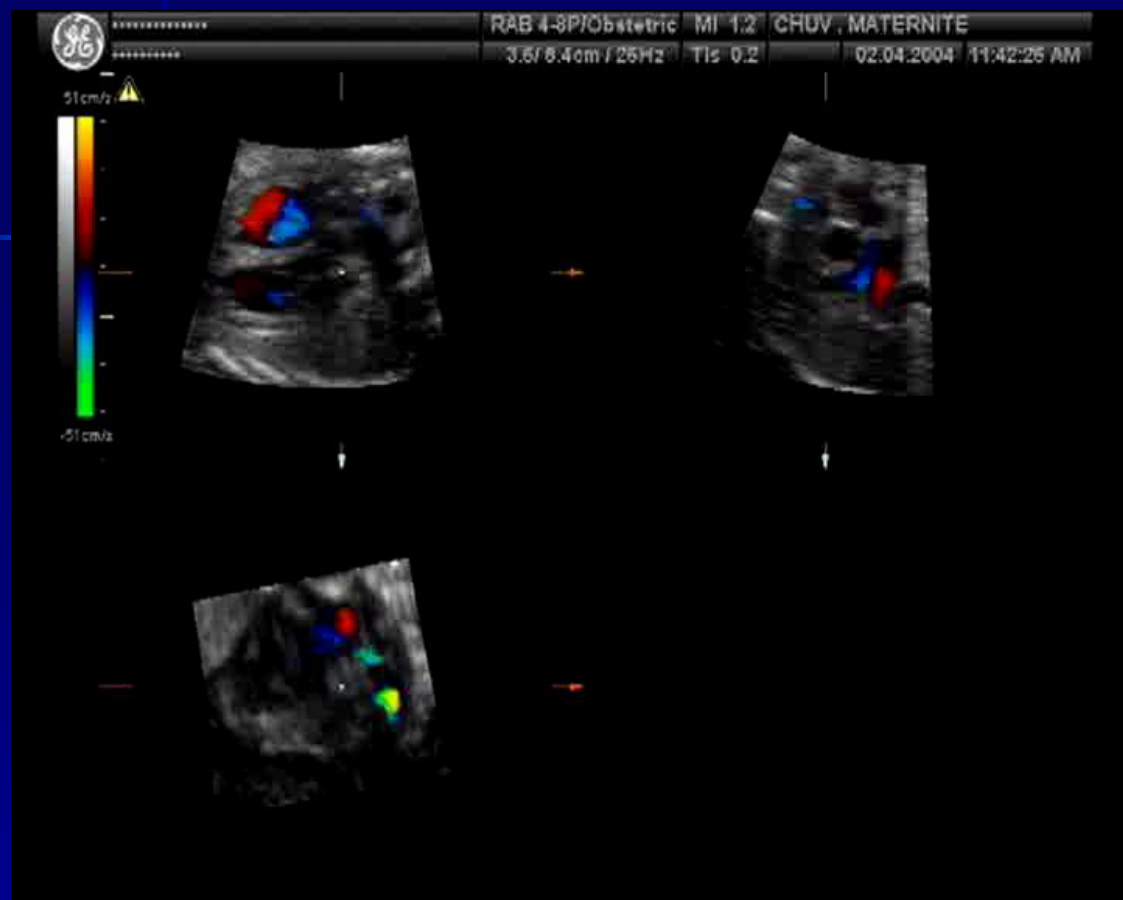


Study

group with CHD: 14-36 weeks gestation, mean: 27
efficacy of diagnosis compared to 2D results
and post-natal outcome

- Cardiac analysis in 95%
 - ✓ complete diagnosis - 74%
 - ✓ partial - 16%,
 - ✓ requiring modification - 5%
 - ✓ unobtainable - 5%.
- Complete diagnosis obtained
 - ✓ in 89% between 21-27 weeks
 - ✓ diminished to 63% between 30-36 weeks

1 case secondary diagnosis of complex CHD, missed before, could be diagnosed and was confirmed postnatally.



Limitations:

Overweight mothers

Our limited experience
coarctations
associated anomalies

Problems:

First referral after 24 weeks gestation (148 pts)

The STIC (Spatio temporal image correlation)

Conclusions

For Ob-Gyn practitioners, STIC technology can alleviate the difficulties of the tridimensionnal organisation of the heart.

The in vivo acquisition of the volume allows the obstetrician to ascertain the normal anatomy of the heart.

In our case large distances and mountains one can send the volumes to a more experienced colleague.

The STIC (Spatio temporal image correlation)

Conclusions

This easy method for obtaining the different views of the outflow tract should help the doctors to diagnose more ducto-dependant cardiac defects.

This new technology could be a first step towards telemedicine in prenatal ultrasonography.

Where are we today with 3- and 4-dimensional ultrasound

- In 2D ultrasound, the examiner's experience has a significant impact on the detection rate of congenital anomalies.
- Many articles have shown that 3D ultrasound adds diagnostic value to standard 2D ultrasound.
- In 3D ultrasound, a single volume acquisition can be used to reconstruct a complex tridimensional anatomy diminishing operator dependence

Study

Normal population:

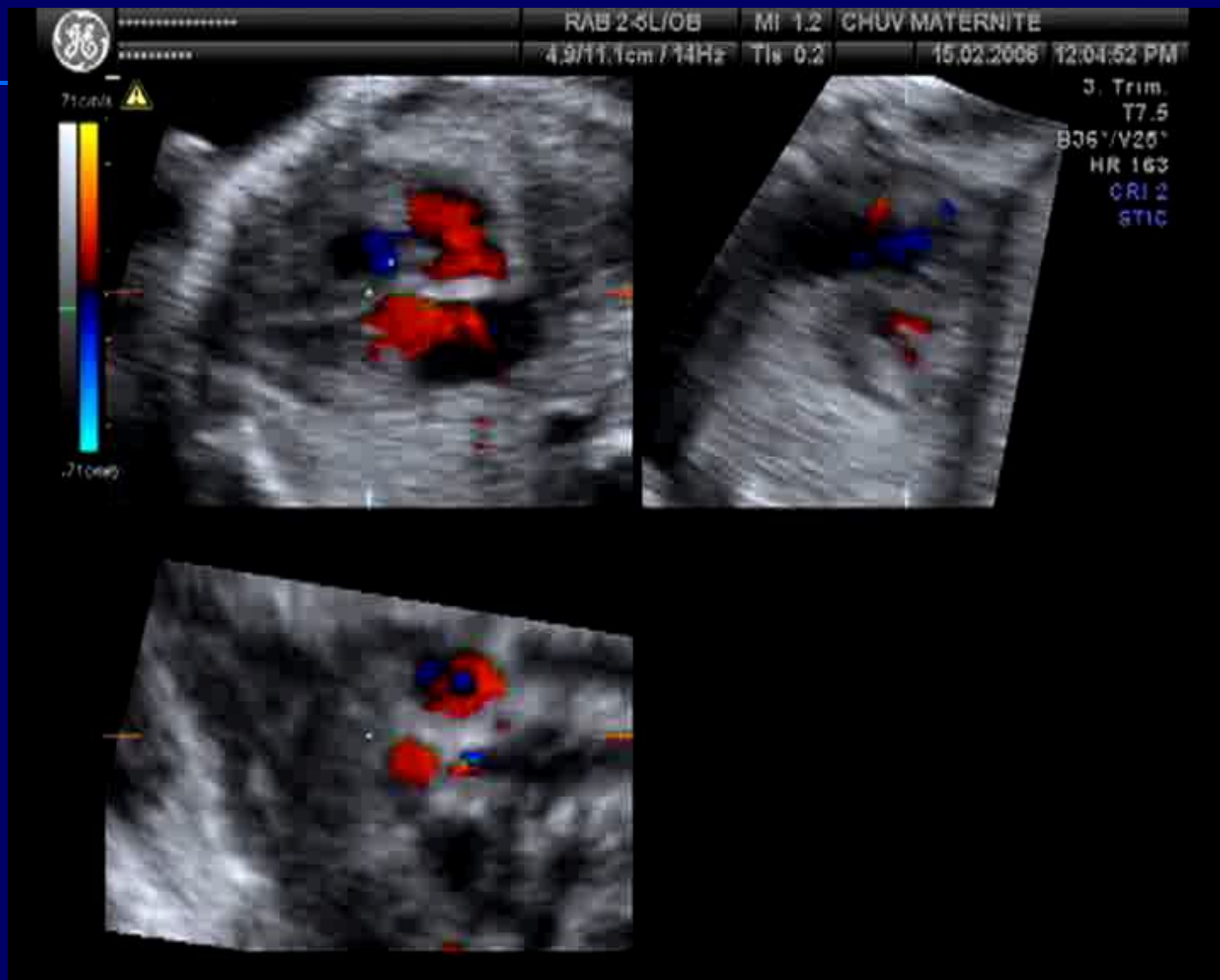
image availability of all cardiac structures



Study

Normal population:

image availability of all cardiac structures



Results

Gest Age	4 CV.	Sept	AV Valves	Pulm. Art	Ao	Duct. Art.	Ao. Arch	Pulm. Ven.
17 – 24	96	96	100	91	91	57	35	25
25 – 36	100	100	100	100	100	79	21	21

The differences in the results shown depend primarily on the gestational age, 17/52 versus 25-36/52.

Conclusion

- 3D fetal echocardiography with the use of a STIC volume allows an inexperienced investigator to obtain the different views necessary for a later complete cardiac exam in an offline fashion.
- good correlation achieved between direct 2D and indirect offline STIC diagnosis suggests that this new technique can be reliably used for the prenatal screening of CHD in the hands of experienced fetal cardiologists.

Limitations to the use of 3D

A constant dorso-anterior position of the fetus,

A continuously moving fetus

In some way, maternal obesity or scars

Conclusions

- Up to now, 3D ultrasound was mainly used for visual depiction of the fetus' face.
- Our results should encourage the medical community to incorporate the 3D technology as a component of the imaging possibilities in obstetrics and gynecology.
- Experts should work to standardize acquisition and analysis of the 3D volumes to increase its widespread use.
- In the future, 3D ultrasound should provide higher visualization rate of congenital anomalies.