

Echocardiologie de contraste en deux dimensions et en temps réel

2. Applications cliniques

par P.W. SERRUYS, F. HAGEMEIJER, A.H. BOM et J. ROELANDT

Les anomalies anatomo-fonctionnelles que sont les communications intracardiaques et les régurgitations valvulaires peuvent être directement visualisées par l'échocardiologie de contraste en deux dimensions.

Si les shunts droit-gauche au niveau auriculaire ou ventriculaire sont aisément détectés et visualisés après une injection périphérique, il n'en va pas de même des shunts ventriculaires gauche-droit : ces derniers ne sont pas décelés. Quant aux shunts gauche-droit (déterminés par oxymétrie) au niveau auriculaire, ils constituent un groupe à part : le passage de contraste ultrasonique de droite à gauche est inconstant.

La technique permet en outre l'étude de courants sanguins anormaux : insuffisance tricuspide, turbulences engendrées par les prothèses valvulaires, etc.

MOTS CLÉS : échocardiographie de contraste, bidimensionnel, cardiopathies congénitales et acquises.

I. — INTRODUCTION

Malgré ses extraordinaires possibilités diagnostiques, l'échocardiologie a, comme toute autre technique, ses faiblesses. Elle est incapable d'objectiver les régurgitations valvulaires et les shunts intracardiaques. Seuls certains signes indirects permettent parfois de suspecter ces anomalies anatomo-fonctionnelles ; ainsi

une dilatation du ventricule droit, associée à un mouvement paradoxal du septum, suggèrent-ils de manière aspécifique une surcharge volumétrique du ventricule droit et dès lors — indirectement —, le diagnostic de communication interauriculaire, lorsque la clinique s'y prête [4]. Il n'en demeure pas moins qu'une preuve directe de la visualisation du passage sanguin entre les deux cavités reste à démontrer par l'échocardiologie.

Le problème des régurgitations valvulaires est analogue à celui des communications intracardiaques.

Un traceur ultrasonique modifie l'homogénéité acoustique du sang ; nous pouvons dès lors visualiser les courants sanguins anormaux au sein des cavités cardiaques grâce aux techniques échocardiologiques bidimensionnelles [10]. Le présent travail illustre nos résultats cliniques.

(*) Avec l'assistance technique de : E. LEUFTINK, W.B. VLETTER, F. VAN VOOLEN.

Thoraxcentrum, département d'échocardiographie, hôpital Dijkzigt et université Erasme, Rotterdam, Pays-Bas.

Pour toute correspondance : Dr P.W. SERRUYS, Thoraxcentrum, Université Erasme, B.P. 1738, Rotterdam, Pays-Bas.

Article reçu en septembre 1977 et accepté en janvier 1978.

II. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

La méthodologie de l'échocardiologie de contraste a été décrite en détail dans la première partie [10].

Nous avons examiné 45 patients âgés de 7 à 56 ans. Outre l'examen échocardiologique, chacun de ces patients a subi un cathétérisme cardiaque complet avec angiocardiographie : les anomalies ainsi objectivées peuvent donc être comparées aux données de l'échocardiologie de contraste.

III. — RÉSULTATS

Les tableaux I et II résument les résultats de cette étude : chez 42 patients, nous avons observé du matériel de contraste ultrasonique au sein des cavités intracardiaques, à la suite d'une injection périphérique ; chez 3 patients, nous n'avons vu aucun contraste dans le ventricule droit (tableau I). Deux d'entre eux avaient subi auparavant un cathétérisme cardiaque avec dénudation des veines du pli du

TABLEAU I
PATIENTS ÉTUDIÉS PAR ÉCHOCARDIOLOGIE DE CONTRASTE
BIDIMENSIONNELLE

<i>Opacifications acoustiques</i>	
Ventriculaires droite satisfaisantes	42
Echecs d'opacification	3
TOTAL	45

coude ; le troisième, porteur d'une atrésie tricuspидienne, avait subi une opération de Glenn (anastomose de la veine cave supérieure avec l'artère pulmonaire droite). Nous supposons que dans les trois cas, le contraste n'arrivait pas dans le ventricule droit, ou y était trop dilué.

Parmi les 23 patients (groupe A, tableau II) avec shunts intracardiaques démontrés au cathétérisme, 19 présentaient un passage de contraste ultrasonique entre les cavités droite et gauche et 4 une absence de passage ; il s'agissait en l'occurrence de 3 communications interauriculaire et d'une communication interventriculaire avec des shunts exclusivement gauche-droite à l'oxymétrie. En l'absence de

TABLEAU II
PATIENTS EXAMINÉS PAR ÉCHOCARDIOLOGIE DE CONTRASTE BIDIMENSIONNELLE

<i>A. Présence d'un shunt au cathétérisme</i>		<i>Passage intercavitaire de contraste ultrasonique</i>
. CIA (shunt G-D et D-G)	13	+
. CIV +sténose pulmonaire	2	+
. CIV +syndrome d'Eisenmenger	1	+
. Tétralogie de Fallot	2	+
. Truncus arteriosus	1	+
. CIA (shunt G-D)	3	—
. CIV (shunt G-D)	1	—
Total	23	
<i>B. Absence de shunt au cathétérisme</i>		
. Normaux, coronariens, valvulaires	10	—
. CIA opérée sans shunt résiduel	1	—
. Insuffisance tricuspидienne	2	—
. Syndrome d'Ebstein	2	—
. Tétralogie de Fallot, opérée, sans shunt résiduel	1	—
. Sténose pulmonaire	1	—
. Prothèse de Björk-Shiley en position tricuspидienne	1	—
. Transposition des grands vaisseaux corrigée selon Mustard ..	1	—
Total	19	

shunt, démontré au cathétérisme (groupe B, 19 patients), il n'a pas été observé de passage intercavitaire de contraste ultrasonique.

IV. — DESCRIPTIONS DE CAS CLINIQUES

A) COMMUNICATION INTERVENTRICULAIRE (CIV) AVEC SHUNT DROIT-GAUCHE

1. CIV avec syndrome d'Eisenmenger

J.V.E., âgée de 28 ans, est une jeune femme mongole (syndrome de Down), cyanosée depuis l'enfance. Elle est admise pour bilan hémodynamique,

compte tenu de l'aggravation progressive de sa dyspnée et de sa cyanose.

L'échocardiographie en mode M et bidimensionnelle n'objectivent qu'une dilatation ventriculaire droite, sans mouvement paradoxal du septum interventriculaire. En particulier, il n'existe pas de discontinuité entre la paroi antérieure de l'aorte et le septum interventriculaire.

L'échocardiologie de contraste en deux dimensions montre que l'opacification du ventricule droit est suivie d'un passage massif du contraste ultrasonique dans la cavité ventriculaire gauche (fig. 1). Sur le moniteur de télévision l'on peut même voir un mouvement de va-et-vient du contraste entre les deux cavités, au niveau de la partie supérieure du septum.

On objective ainsi un shunt bidirectionnel. L'oreillette gauche reste libre d'échos de contraste, ce qui plaide contre une communication interauriculaire à shunt droit-gauche et contre une régurgitation mitrale.



FIG. 1

CIV à shunt bidirectionnel. Transducteur en position axiale. VD : ventricule droit ; Ao : aorte ; OG : oreillette gauche ; VG : ventricule gauche ; S : supérieur ; I : inférieur. Au bas de chaque photographie figure l'enregistrement électrocardiographique, qui progresse de droite à gauche. 1) Absence de contraste ultrasonique. 2) Opacification du ventricule droit. 3) Passage de contraste dans le ventricule gauche par un défaut haut placé dans le septum ; l'oreillette gauche reste libre d'échos.

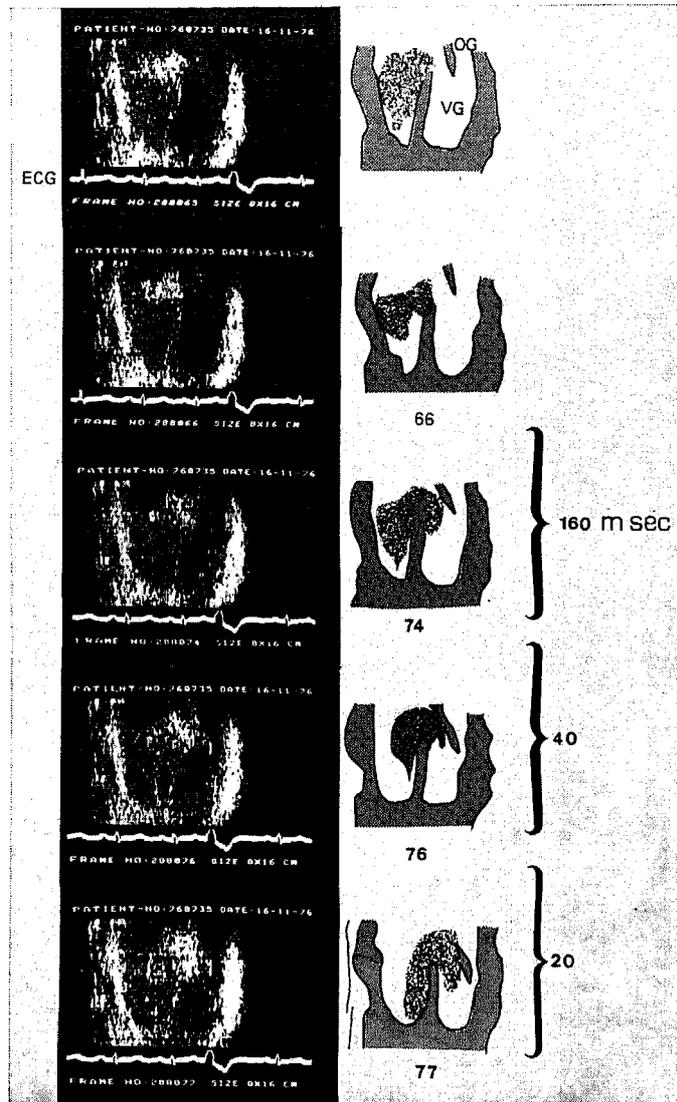


FIG. 2

Etude chronologique du passage interventriculaire du contraste ultrasonique chez la patiente de la figure 1. Le passage du contraste est contemporain de la fin de l'onde T électrocardiographique (images 74, 76, 77). Le temps écoulé entre chaque image est de 20 ms. Par préférence à l'ECG, le shunt droit-gauche se produit durant la phase de relaxation isovolumentrique ou la protodiastole.

En outre, une analyse image par image de l'enregistrement sur bande magnétique suggère que le passage du contraste se produit tôt en diastole (images 74-76, fig. 2) après la phase de repolarisation objectivée par l'onde T de l'ECG. Le point est important: il a été démontré [7] qu'en cas d'égalisation des pressions dans les deux ventricules, le shunt gauche-droit se produit durant la contraction isovolumentrique et pendant la phase d'éjection, tandis que le shunt droit-gauche s'effectue durant la relaxa-

tion isovolumentrique. Par conséquent, corollaire de ces travaux, notre analyse de la chronologie du passage droit-gauche du contraste permet de conclure à une égalisation des pressions ventriculaires et dès lors à une CIV avec syndrome d'Eisenmenger. De fait, le cathétérisme et l'angiographie montrent une hypertension pulmonaire de type systémique avec égalisation des pressions ventriculaires, une CIV avec shunt bidirectionnel, une CIA avec shunt gauche-droit, et un canal artériel (tableau III).

TABLEAU III
CIV AVEC SYNDROME D'EISENMENGER

Cathétérisme	Pressions (mmHg)			Saturation en oxygène p. 100
	Syst.	Diast.	Moy.	
Veine cave supérieure.....				64
Veine cave inférieure.....				62
Oreillette droite.....	9	2	3	68
Ventricule droit.....	130	0/7		73
Artère pulmonaire.....	130	70	95	78
Veine pulmonaire.....				97
Oreillette gauche.....	10	2	3	98
Ventricule gauche.....	130	0/9		86
Aorte.....	130	70	95	86

En pratique, dans le cas présent, une ventriculographie droite, toujours dangereuse en cas d'hypertension pulmonaire, a pu être évitée, car la démonstration était faite d'un shunt droit-gauche à l'étage ventriculaire.

2. Tronc artériel commun (*Truncus arteriosus*)

J.K., âgé de 21 ans, est hospitalisé pour hémoptysie; depuis 10 ans, il est connu du service avec le diagnostic de tronc artériel commun de type II. Les données du cathétérisme ont naguère confirmé ce diagnostic (tableau IV).

L'écho selon le mode M objective une aorte dilatée à cheval sur le septum interventriculaire (fig. 3); cette dernière caractéristique est compatible avec les diagnostics échocardiographiques de tronc artériel commun, de tétralogie de Fallot et d'atrésie pulmonaire associée à une communication interventriculaire [2].

En échocardiographie bidimensionnelle, la coupe transversale (position C) n'a identifié qu'un seul grand vaisseau [6, 9]. En position axiale, le septum est surplombé par une aorte de calibre appréciable; le septum oscille d'avant en arrière et aurait même tendance à réduire le diamètre de la chambre de chasse ventriculaire gauche en diastole (fig. 4).

Lors de l'échocardiographie de contraste en deux dimensions et conformément au document angiographique, le contraste ultrasonique fait irruption en protodiastole dans la chambre de chasse ventriculaire gauche, entre la valve mitrale antérieure et le septum. Ultérieurement, en protosystole il est éjecté dans l'aorte (fig. 4).

En résumé, la conjonction de l'échocardiographie en mode M, de l'échocardiologie bidimensionnelle, et d'injections de contraste a clairement défini l'anomalie anatomofonctionnelle: un vaisseau unique, à cheval sur le septum interventriculaire, associé à un shunt ventriculaire droit-gauche; autrement dit, un tronc artériel commun.

B) CIV AVEC SHUNT GAUCHE-DROIT

En dehors de conditions hémodynamiques particulières — pression systolique ventriculaire droite égale ou supérieure aux 2/3 de la pression systolique ventriculaire gauche [7] — il ne faut pas espérer visualiser une CIV par un passage de contraste ultrasonique de droite à gauche à la suite d'une injection périphérique de matériel de contraste. Cette augmentation de pression systolique ventriculaire droite peut résulter de l'existence d'un tronc artériel commun, d'une hypertension pulmonaire, d'une atrésie ou d'une sténose pulmonaire sous-valvulaire, valvulaire ou supra-valvulaire.

TABLEAU IV
TRONC ARTÉRIEL COMMUN (TRUNCUS ARTERIOSUS)

Cathétérisme	Pressions (mmHg)		Saturations en oxygène p. 100
	Syst.	Diast.	
Veine cave supérieure.....			73
Veine cave inférieure.....			68
Oreillette droite.....	7	4	71
Ventricule droit.....	110	8	73, 77, 81
Aorte.....	110	60	88
Artère pulmonaire droite.....	105	65	87

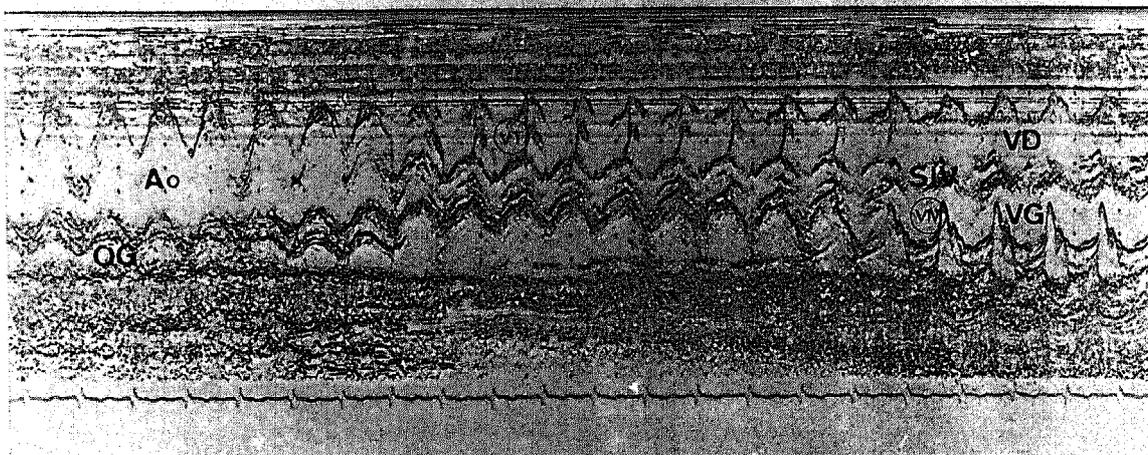


FIG. 3

Tronc artériel commun; échocardiogramme en mode M. VD et VG : ventricules droit et gauche; SIV : septum interventriculaire; VM et VT : valves mitrale et tricuspide; Ao : aorte; OG : oreillette gauche. L'aorte dilatée (à gauche sur le tracé) et à cheval sur le septum (à droite sur le tracé). L'image est compatible avec le diagnostic de tétralogie de Fallot ou de tronc artériel commun.

C) CIA AVEC SHUNT GAUCHE-DROIT

1. K.H., une jeune femme âgée de 24 ans, est cathétérisée pour mise au point d'une communication interauriculaire, type ostium secundum. L'oxymétrie met en évidence un shunt gauche-droit avec un rapport de shunt de 3,7 (tableau V). Une communication interauriculaire est franchie en cours de cathétérisme et une angiographie dans l'oreillette gauche est réalisée.

Chez cette patiente, l'échocardiographie de contraste avait fait la preuve d'un passage de sang entre les oreillettes. La figure 5 en position axiale montre en effet un groupuscule de points brillants (microbulles échogènes) situé immédiatement sous les valves mitrales ouvertes; l'analyse séquentielle des images précédant l'ouverture des valves démontre la provenance auriculaire gauche de ces microbulles. Après avoir virevolté en diastole dans la chambre de chasse ventriculaire gauche, elles sont chassées dans l'aorte au cours de la systole suivante.

D'autres exemples de CIA à shunt exclusivement gauche-droit à l'oxymétrie ont permis d'objectiver du matériel de contraste ultrasonique au sein même de la cavité auriculaire gauche. Les figures 6 et 7 en sont des illustrations; pour les figures 6 et 7, le plan exploré par le transducteur est proche de la position (B), ce qui explique l'absence de visualisation de l'aorte et la continuité apparente des valves mitrales et du septum interventriculaire.

2. La patiente de la figure 7 est une jeune femme longiligne et gracile avec un cœur en position verticale. Exceptionnellement, le transducteur en position axiale permet de voir l'oreillette droite, le septum interauriculaire et l'oreillette gauche; à un niveau

inférieur, la partie supérieure du ventricule droit, du septum interventriculaire et du ventricule gauche.

Le cathétérisme montre l'existence d'un shunt exclusivement gauche-droit au niveau auriculaire (tableau VI). Pourtant l'échocardiologie de contraste met en évidence un passage de contraste acoustique de l'oreillette droite à l'oreillette gauche, puis vers le ventricule gauche. Ce passage OG-VG est très net sur l'image (61, fig. 7), qui suit l'onde P électrocardiographique et, par conséquent la contraction auriculaire.

Chez 13 de nos 16 patients avec communication interauriculaire, un passage droit-gauche de contraste ultrasonique a été observé, à la suite d'une injection veineuse périphérique; 3 patients présentaient un shunt bidirectionnel à l'oxymétrie; les 10 autres avaient un shunt à prédominance gauche-droit, avec une saturation aortique supérieure à 95 p. 100.

Enfin chez 3 patients également à shunt gauche-droit (saturation aortique ≥ 95 p. 100), nous n'avons pas visualisé de passage droit-gauche de contraste ultrasonique.

Il n'est donc pas possible de détecter toutes les communications interauriculaires; la spécificité et la sensibilité de la méthode sont à l'étude.

D) CIA AVEC SHUNT DROIT-GAUCHE OU BIDIRECTIONNEL

La figure 8 en donne un exemple: le transducteur est en position transversale (C). Initialement, le contraste est identifié dans l'oreillette gauche et ultérieurement dans la chambre de chasse ventriculaire droite; l'embol de contraste ultrasonique progresse

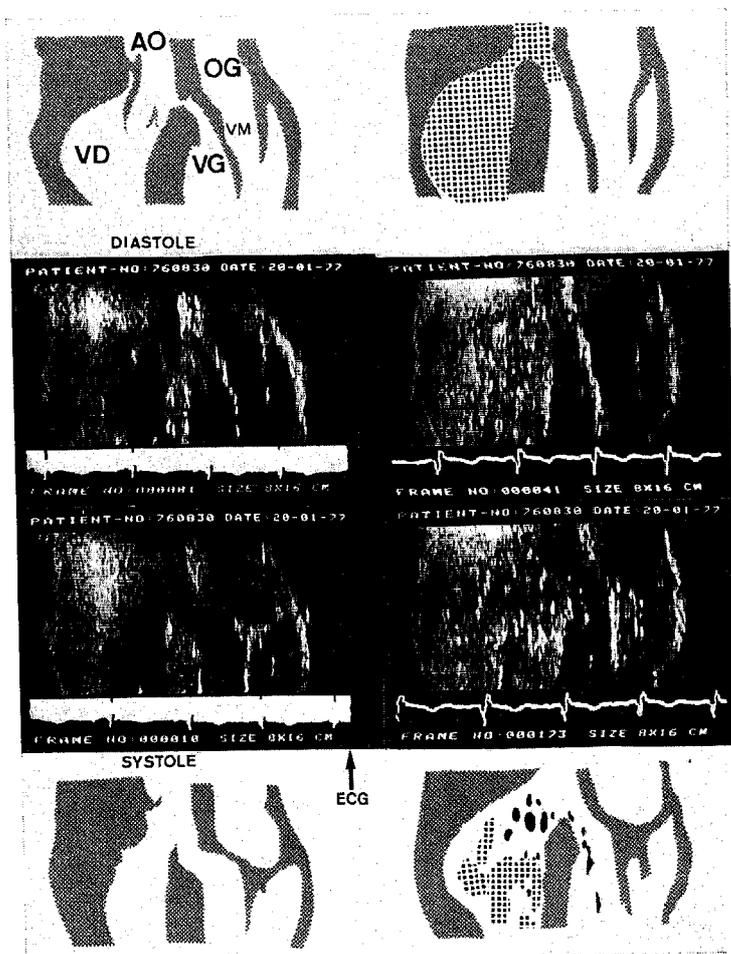


FIG. 4

Tronc artériel commun; multiscan en position axiale. A gauche de l'illustration, images et schémas en systole et diastole, en l'absence de contraste; à droite, aux mêmes moments du cycle cardiaque, avec opacification du VD (photo du haut) et coulée de contraste sous forme de points brillants dans la chambre de chasse ventriculaire gauche (photo du bas).

TABLEAU V
CIA AVEC SHUNT GAUCHE-DROIT

Cathétérisme	Pressions (mmHg)			Saturations en oxygène p. 100
	Syst.	Diast.	Moy.	
Veine cave supérieure.....				73
Veine cave inférieure.....				76
Oreillette droite.....	8	2	5	90
Ventricule droit.....	42	0/7		89
Artère pulmonaire.....	21	8	14	90
Oreillette gauche.....	12	4	8	95
Ventricule gauche.....	156	—/9		96
Aorte.....	156	92	112	—

Rapport du shunt : 3,7.

très nettement au sein de l'oreillette gauche et le passage de contraste est plus important que dans le cas d'une CIA à shunt gauche-droit, où seules quelques

microbulles isolées sont observées. En outre, une analyse attentive de vingt en vingt millisecondes permet de déterminer, par référence à l'ECG, les temps de

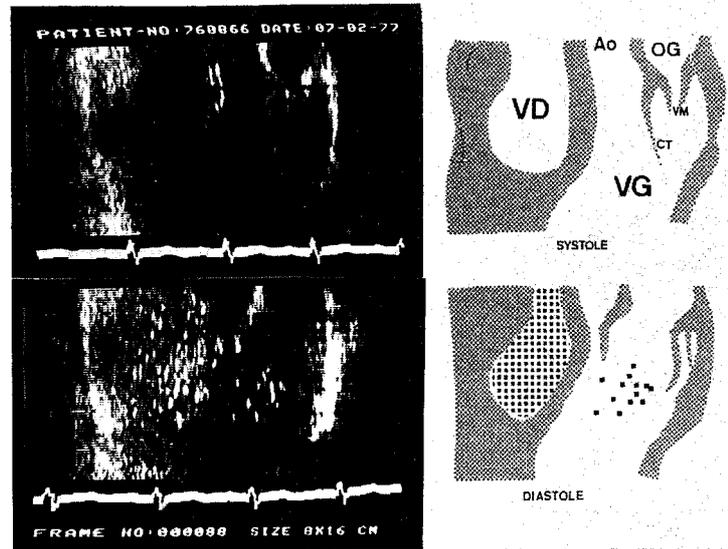


FIG. 5

CIA, type ostium secundum à shunt gauche-droit ; multiscan en position axiale. Haut : image en systole, en l'absence de contraste. *Bas :* image en diastole, avec présence du contraste échogène dans le ventricule droit (VD), mais également dans le ventricule gauche (VG), démontrant une communication intracardiaque.

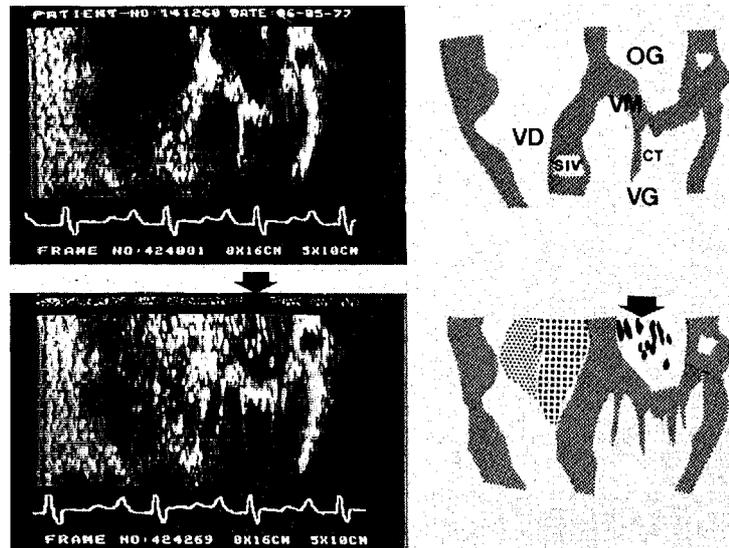


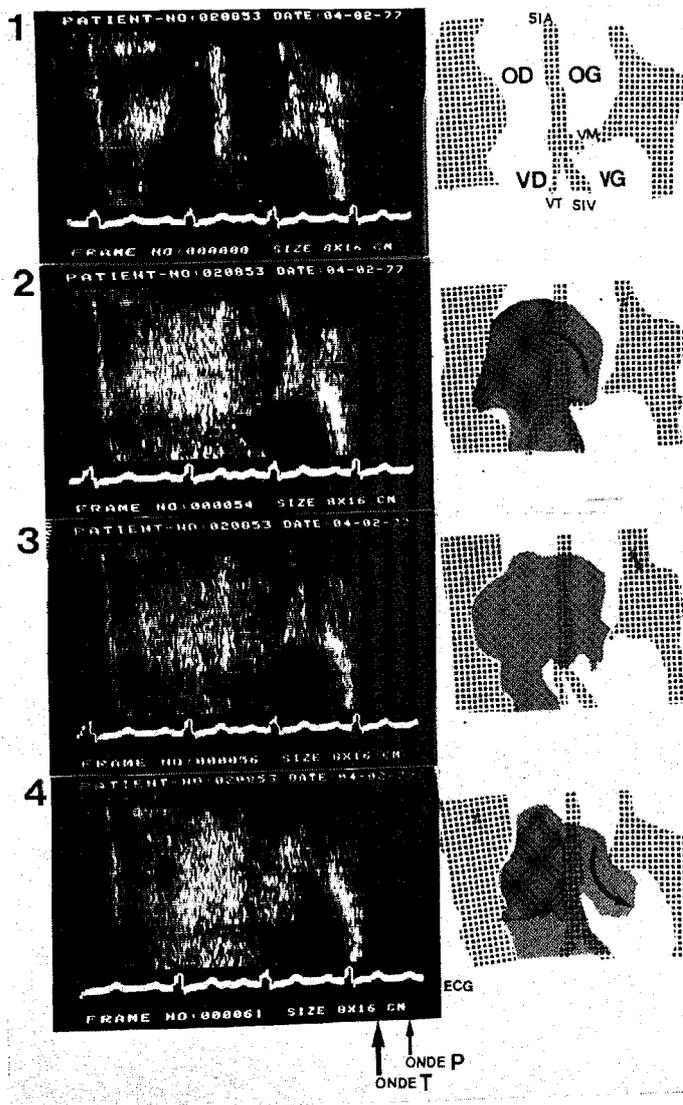
FIG. 6

CIA, type ostium primum à shunt gauche-droit ; multiscan en position transverse (position C). Haut : image en systole, valves mitrales fermées, en l'absence de contraste. *Bas :* présence de contraste dans le ventricule droit et l'oreillette gauche, démontrant une communication interauriculaire.

TABLEAU VI
CIA AVEC SHUNT GAUCHE-DROIT

Cathétérisme	Pressions (mmHg)			Saturations en oxygène p. 100
	Syst.	Diast.	Moy.	
Veine cave supérieure.....				80
Veine cave inférieure.....				80
Oreillette droite.....	12	4	8	92
Ventricule droit.....	47	0/5		94
Artère pulmonaire.....	45	22	29	92
Veine pulmonaire.....	9	5	6	—
Oreillette gauche.....	12	4	8	96
Ventricule gauche.....	124	0/7	100	98
Aorte.....	124	80		—

Rapport du shunt : 3,6.



← FIG. 7

CIA, type ostium secundum, à shunt gauche-droit. Malgré une incidence axiale du transducteur, la coupe échocardiographique est dans ce cas particulier, fort semblable à celle de l'incidence transverse (C'). La présence du contraste ultrasonique de part et d'autre du septum inter auriculaire est évidente. En outre, sur l'image 61, consécutive à l'onde P électrocardiographique, le franchissement par le contraste du plancher des valves mitrales est manifeste.

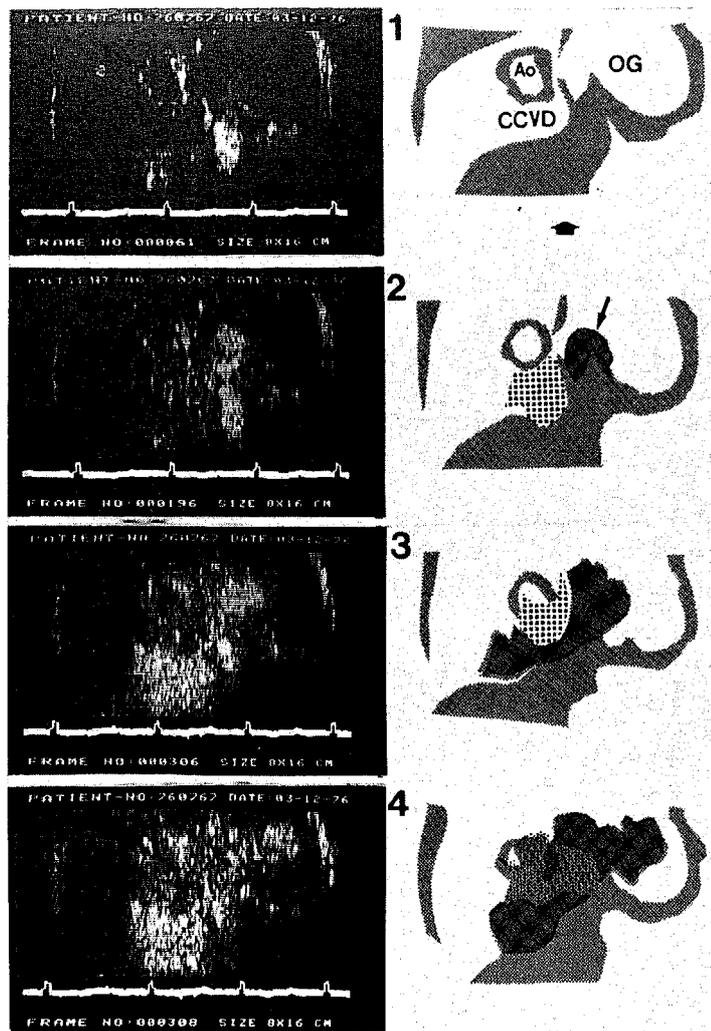


FIG. 8

CIA, type ostium primum, à shunt bidirectionnel; multiscan en position transverse (position b). L'irruption du matériel de contraste (image 2) au sein de l'oreillette gauche (OG) précède de très peu l'opacification massive (images 3, 4) de la chambre de chasse ventriculaire droite.

TABLEAU VII
CIA AVEC SHUNT BIDIRECTIONNEL

Cathétérisme	Pressions (mmHg)			Saturation en oxygène p. 100
	Syst.	Diast.	Moy.	
Veine cave supérieure.....				67
Veine cave inférieure.....				74
Oreillette droite.....	8	3	5	93
Ventricule droit.....	49	—/6		93
Artère pulmonaire.....	28	14	21	92
Veine pulmonaire.....	9	6	7	96
Ventricule gauche.....	165	—/10		89
Aorte.....	165	107		

passage du contraste ultrasonique au cours du cycle cardiaque. Un premier passage a lieu dès le début de la contraction ventriculaire, à la fin du complexe QRS (image 196, fig. 8). Les images (306-308, fig. 8) sélectionnées à des moments identiques des cycles cardiaques ultérieurs, ne font que confirmer ce temps de passage protosystolique.

Les données hémodynamiques de ce patient sont résumées dans le tableau VII.

E) COURANTS SANGUINS ANORMAUX (prothèse, plastie, insuffisance tricuspide)

1. Les images présentées à la figure 9 ont été observées chez un jeune patient porteur d'une prothèse Björk-Shiley en position tricuspide et d'un tube en dacron non valvulé entre le ventricule droit et l'arbre pulmonaire.

L'échocardiologie de contraste montre un mouvement tourbillonnant unidirectionnel (rotation horaire)

dans le ventricule droit, qui dure une quinzaine de secondes. Ce tourbillon de microbulles n'est pas sans rappeler les phénomènes de turbulence décrits sur modèle in vitro [11].

2. Le jeune patient (8 ans) de la figure 10, a subi une opération de Mustard pour une transposition de grands vaisseaux. En coupe axiale, l'on voit la plastie tunnelisée qui isole l'orifice mitral de l'oreillette gauche et de l'abouchement des veines pulmonaires. Elle divise en biais la cavité auriculaire gauche et le contraste ultrasonique fait irruption dans la cavité ventriculaire gauche (cavité postérieure) en provenance de ce tunnel.

En coupe transversale, deux échos linéaires scindent d'avant en arrière l'oreillette gauche (fig. 11 et 12). Devant se trouve l'artère pulmonaire, issue du ventricule gauche. L'opacification se fait en deux temps : 1) la plastie de Mustard, 2) la lumière de l'artère pulmonaire. En aucune façon le contraste ne déborde les parois de la plastie ou de l'artère ; aucun

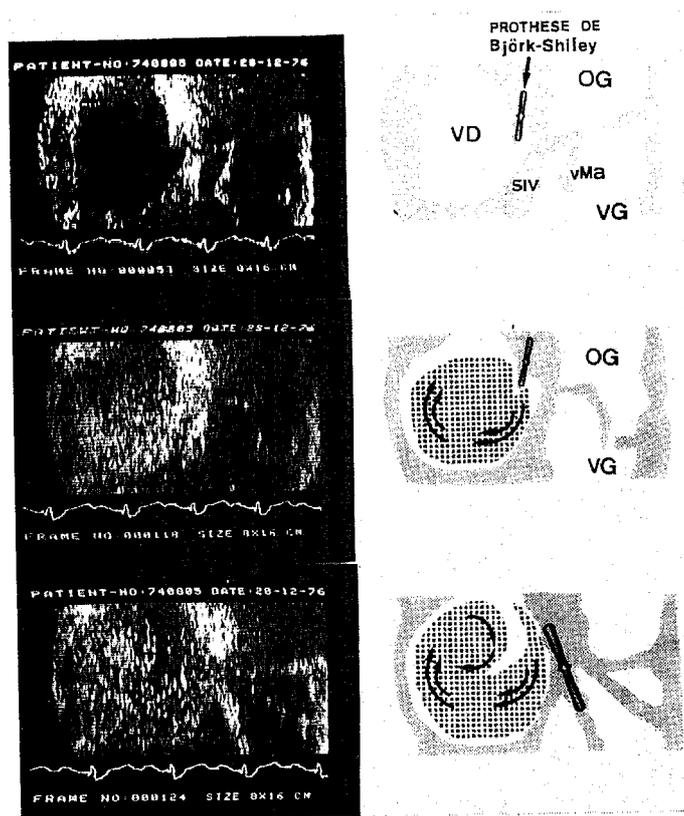


FIG. 9

Patient porteur d'une prothèse de Björk-Shiley en position tricuspide ; multiscan en position transverse (position C'). A chaque systole, du matériel de contraste ultrasonique est injecté dans le ventricule droit (VD) et participe, tout en le rendant manifeste, à un mouvement tourbillonnant intracardiaque. Seul l'animation sur l'écran de télévision rend compte du phénomène.

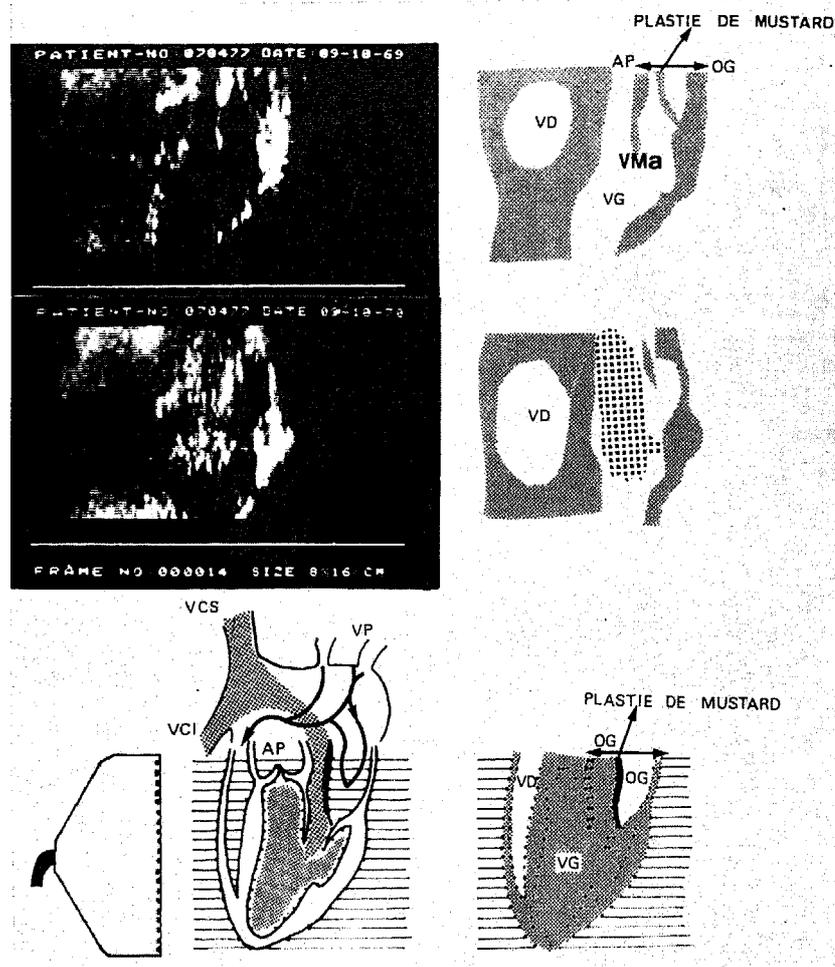


FIG. 10

Transposition des grands vaisseaux chirurgicalement corrigée selon le procédé de Mustard ; multiscan en position axiale. 1) Schéma (au bas de la figure) : la plastie de Mustard cloisonne les oreillettes de telle façon que le sang des veines caves (VCS et VCI) gagne la mitrale tandis que celui des veines pulmonaires se draine vers la tricuspide. 2) Photo du haut : l'oreillette gauche (OG) en arrière de la valve mitrale antérieure (VMA) est cloisonnée de haut en bas par la plastie de Mustard. 3) Photo du bas : une injection veineuse périphérique fait apparaître du matériel de contraste dans le ventricule postérieur, morphologiquement gauche (VG).

point ou halo lumineux n'est visible au sein de l'oreillette gauche ainsi clivée, ce qui démontre encore une fois l'excellente résolution axiale et latérale du multiscan focalisé.

3. Avec cette technique, nous avons également mis en évidence des insuffisances tricuspidiennes. En mode M, le fait remarquable était la persistance inhabituelle du contraste au sein de la cavité droite. Mais une insuffisance des valves pulmonaires, un bas débit cardiaque, une dilatation des cavités auriculaire ou ventriculaire droites ralentissent également le transit du contraste. En échocardiographie de contraste en deux dimensions, c'est le mouvement de va-et-vient du sang

à travers les valves incompetentes qui est directement visualisé ; l'analyse sur vidéo est indispensable si l'on veut se convaincre de l'existence d'une régurgitation ; la photographie d'un instantané ne rend évidemment pas compte du phénomène.

V. — DISCUSSION

L'échocardiologie, est incapable d'objectiver les régurgitations valvulaires et les shunts intra-

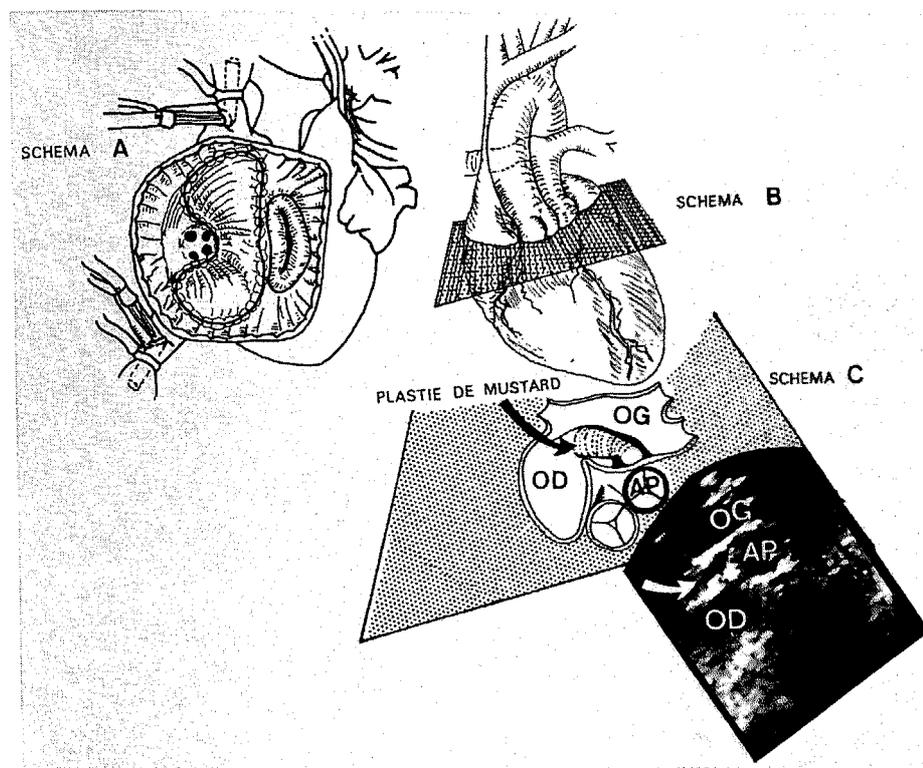


FIG. 11

Transposition des grands vaisseaux chirurgicalement corrigée selon le procédé de Mustard. Schéma A : vue postérieure des oreillettes montrant l'implantation de la plastie de Mustard. Schéma B : plan de coupe et incidence du transducteur. Schéma C : photo des structures ainsi visualisées et ultérieurement identifiées par échocardiographie de contraste (fig. 12).

cardiaques. Seuls certains signes indirects permettent parfois de suspecter ces anomalies anatomo-fonctionnelles ; ainsi une dilatation du ventricule droit, associée à un mouvement paradoxal du septum, suggèrent-ils de manière aspécifique une surcharge volumétrique droite et dès lors — indirectement — le diagnostic de communication interauriculaire lorsque la clinique s'y prête. Néanmoins, dans ce cas précis, ces critères sont indirects et aspécifiques, puisque les mêmes anomalies échocardiologiques sont retrouvées dans l'insuffisance tricuspide, l'insuffisance pulmonaire et le retour veineux pulmonaire anormal.

Certains auteurs, usant de techniques bidimensionnelles, disent avoir visualisé directement des communications interauriculaires ou interventriculaires [5]. Mais chez des sujets normaux, en échocardiographie bidimensionnelle, il est parfois observé, au sein du septum interventriculaire ou interauriculaire, une absence

d'écho qui ne doit pas être abusivement interprétée comme la visualisation du défaut.

La technique de Doppler combinée à l'échocardiographie permet de détecter les turbulences engendrées par le passage ou la régurgitation du sang à travers une communication intracardiaque ou une valve incompétente [3]. Mais seule la visualisation de ce passage ou de cette régurgitation entre les deux cavités constitue une preuve directe et irréfutable de l'anomalie anatomique.

Ainsi l'exemple clinique de la CIV avec syndrome d'Eisenmenger illustre :

1. les potentialités diagnostiques de la technique — détection, localisation et appréciation du caractère bidirectionnel du shunt ;

2. combiné à des mesures de pressions intracardiaques (manométrie de pointe), le traceur ultrasonique pourrait servir à étudier la chronologie des passages de sang entre les ventricu-

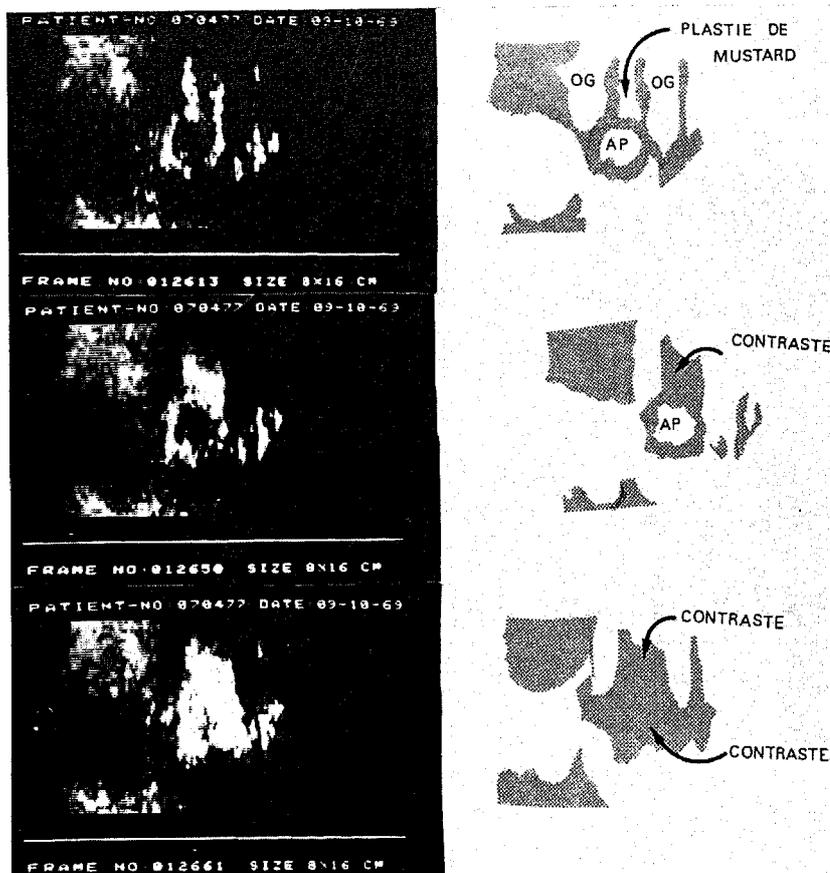


FIG. 12

Complément de la figure 11. Progression du contraste ultrasonique au sein de la plastie de Mustard qui cloisonne de droite à gauche et d'avant en arrière l'oreillette gauche (OG). Après un bref délai la structure circulaire située apparemment à l'extrémité de la plastie est également opacifiée. Cette dernière structure doit être dès lors identifiée comme l'artère pulmonaire (AP).

les sans l'effet nocif et perturbateur de l'injection intracardiaque de matériel de contraste radiologique ;

3. la confirmation des études hémodynamiques et angiographiques de Levine et coll. [7] : en cas d'égalisation des pressions dans les deux ventricules, le shunt gauche-droit se produit durant la contraction isovolumentrique et pendant la phase d'éjection, tandis que le shunt droit-gauche s'effectue durant la relaxation isovolumentrique.

Par ailleurs, grâce à des échocardiogrammes en mode M, combinés à une étude phonomécanographiques Assad-Morell et coll. [2] ont montré que dans le tronc commun, le passage du contrast ultrasonique débutait durant la

phase de relaxation isovolumentrique, c'est-à-dire après la fermeture des valves aortiques et avant l'ouverture des valves mitrales. L'échocardiologie de contraste en deux dimensions confirme leur expérience échophonomécanographique.

En outre, dans ce cas particulier, certaines images précoces et tardives après injection de contraste sont remarquables à un double point de vue (fig. 4) :

1. Malgré une opacification ventriculaire droite très dense en contraste ultrasonique, le ventricule gauche est initialement libre de tout écho et l'on peut exclure tout phénomène de réverbération ;

2. Tardivement, des microbulles échogènes sont clairement identifiées le long du versant ventriculaire gauche du septum ; le pouvoir de détection de l'agent de contraste échogène est ainsi clairement mis en évidence.

Chez les patients avec communication interauriculaire une analyse de vingt en vingt millisecondes, des images échocardiographiques permet également de déterminer, par référence à l'ECG, les temps de passage interauriculaire du contraste ultrasonique, au cours du cycle cardiaque.

Un premier passage a lieu dès le début de la contraction ventriculaire, à la fin du complexe QRS (image 196, fig. 8) ; un deuxième passage se produit parfois au cours de la protodiastole, après l'onde T électrocardiographique (image 88, fig. 5). Ce double temps de passage a été démontré chez l'enfant porteur de CIA [8] et chez l'animal avec une CIA expérimentale [1]. La direction du shunt est fonction du gradient de pression ; ce dernier dépend de la surface respective des deux orifices auriculo-ventriculaires, de la compliance du réseau veineux pulmonaire et périphérique, des compliances ventriculaires et des pressions télédiastoliques [1]. Néanmoins les conditions hémodynamiques de ce passage restent imparfaitement connues. Peut-être le traceur sanguin échogène épouse-t-il les moindres fluctuations hydrodynamiques intracardiaques ? Ceci expliquerait le passage droit-gauche de quantités minimales de contraste ultrasonique même en présence d'un shunt

oxymétrique gauche-droit. Les turbulences observées dans l'exemple de la prothèse de Björk-Shiley et de l'insuffisance tricuspide semblent confirmer cette manière de voir.

La visualisation au sein d'une même cavité cardiaque de courants sanguins tourbillonnants (dirigés vers l'avant le long du septum, vers l'arrière le long de la paroi libre) illustre à souhait les qualités de « traceur sanguin » qu'ont les microbulles échogènes ; elle démontre également l'excellente résolution axiale et latérale du multiscan à foyers variables : malgré la présence massive du contraste ultrasonique au sein de la cavité, l'on n'observe pas de réverbération.

Il apparaît dès lors que nous disposons non seulement d'une nouvelle méthode diagnostique, mais encore d'une technique d'étude *in vivo* des courants sanguins anormaux. Par exemple, les turbulences engendrées par les diverses prothèses mitrales pourraient être analysées en détail par des injections auriculaires gauches de contraste ultrasonique ; en post-opératoire immédiat, les cathéters de surveillance hémodynamique intra-auriculaires droit et gauche pourraient être utilisés aux fins d'injection du contraste ; autre champs d'investigation, le mouvement systolique antérieur des valves mitrales dans les cardiomyopathies obstructives pourrait également se prêter à ce genre d'étude hémodynamique par traceur ultrasonique. Ce sont là des perspectives d'avenir attrayantes que la poursuite de nos travaux permettra de confirmer ou d'infirmer.

SUMMARY

The anatomical and functional abnormalities which are the basis of septal defects and valvular incompetence can be visualised directly by two-dimensional contrast echocardiology.

Although right-left shunts at atrial or ventricular level can easily be discovered and visualised after injection peripherally, the same is not true of left-right ventricular shunts; these are not detectable. As for left-right shunts (as demonstrated by oxymetry) at the atrial level, these are in a separate category; the passage of ultrasonic contrast medium from right to left is inconstant.

This technique also allows the study of abnormal blood flow: tricuspid incompetence, turbulence caused by prosthetic valves, etc.

RESUMEN

Las anomalías anatomofuncionales constituidas por las comunicaciones intracardíacas y las regurgitaciones valvulares pueden visualizarse directamente mediante la ecocardiografía de contraste en dos dimensiones.

Si las derivaciones (shunts) derecha-izquierda a nivel auricular o ventricular son fácilmente detectadas y visualizadas después de una inyección periférica, no ocurre otro tanto con las derivaciones ventriculares izquierda-derecha. Esta últimas no se descubren. En cuanto a las comunicaciones izquierda-derecha (determinadas por oximetría) a nivel auricular, las mismas constituyen un grupo aparte. En tales casos, el paso del medio de contraste ultrasónico de derecha a izquierda es inconstante.

La técnica descrita permite además el estudio de corrientes sanguíneas anormales : insuficiencia tricúspida, turbulencias engendradas por las prótesis valvulares, etc.

Bibliographie

1. ALEXANDER J.A., REMBERT J.C., SEALY W.C., GREENFIELD J.C. : Shunt dynamics in experimental atrial septal defects. *J. Appl. Physiol.*, **39**, 281, 1975.
2. ASSAD-MORELL J.L., SEWARD J.B., TAJIK A.J., HAGLER D.J., GIULIANI E.R., RITTER D.G. : Echo-phonocardiographic and contrast studies in conditions associated with systemic arterial trunc overriding the ventricular septum. *Circulation*, **53**, 663, 1976.
3. BAKER D., LORCH G., RUBENSTEIN S. : Pulsed Doppler echocardiography. *Echocardiology*, N. Bom Edit. Nijhoff Publ., La Haye, 207, 1977.
4. CHIOTELIS P., LEES R., GOLDBLATT A., LIBERTHSON R., MEYERS G. : New criteria for echocardiographic diagnosis of atrial septal defect. *Circulation*, **52** (suppl. IV), 35, 1975.
5. DILLON C.J., WEYMAN A.E., FIGENBAUM H., EGGLETON R.C., JOHNSTON K. : Cross-sectional echo of the interatrial septum. *Circulation*, **55**, 115, 1977.
6. HENRY W.L., MARON B.J., GRIFFITH J.M., REDWOOD D.R., EPSTEIN S.E. : Differential diagnosis of anomalies of the great arteries by real-time two-dimensional echocardiography. *Circulation*, **51**, 283, 1975.
7. LEVIN A.R., SPACH M.S., CANENT R.V., BOINEAU J.P., CAPP M.P., VISHNU J., BARR R.C. : Intracardiac pressure-flow dynamics in isolated ventricular septal defects. *Circulation*, **35**, 430, 1967.
8. LEVIN A.R., SPACH M.S., BOINEAU J.P., CANENT R.V., CAPP M.P., JEWETT P.H. : Atrial pressure-flow dynamics in atrial septal defects (secundum type). *Circulation*, **37**, 476, 1968.
9. SAHN D.J., TERRY R., O'Rourke R., LEOPOLD D., FRIEDMAN W.J. : Multiple cystal cross-sectional echocardiography in the diagnosis of cyanotic congenital heart disease. *Circulation*, **50**, 230, 1974.
10. SERRUYS P.W., HAGEMEIJER F., LIGTVOET C., ROELANDT J. : Echocardiologie de contraste en deux dimensions. 1. Techniques ultrasoniques. *Arch. Mal. Cœur* **71**, 600, 1978.
11. WRIGHT J.T.M. : Flow dynamics in prosthetic valves, an assessment of hydrodynamic performance. The mitral valve. D. Kalmanson Edit. Publishing Sciences Group, Acton, p. 271, 1976.