

SZOTE II. sz. Belgyógyászati Klinika,  
Erasmus Universitát, Rotterdam, Thoraxcenter

Az echocardiogrammok számítógépes analizise

Csanády Miklós, Antony H. Bom, Wim Wletter,  
Cees Ligtoet, Gerard van Zwieten, Jan Vogel

A klinikai echocardiológiában számos elméleti és gyakorlati probléma megoldásában nyújthat segítséget a számítógép használata. A számítógép felhasználásának jelentőségét elsősorban a klinikus szemszögéből szeretnénk megvilágítani. Valamennyi probléma felsorolása természetesen lehetetlen, így csak azokat a kérdéseket érintjük, melyek megoldásában a saját tapasztalatunk szerint is igen hasznos a számítógépes feldolgozás. A vizsgálatok a Rotterdami Erasmus Universitát Thorax-centrumának Kisérletes és Klinikai Echocardiographiás Laboratóriumában történtek. Ezzel a kérdéssel a magyar irodalomban még nem foglalkoztak.

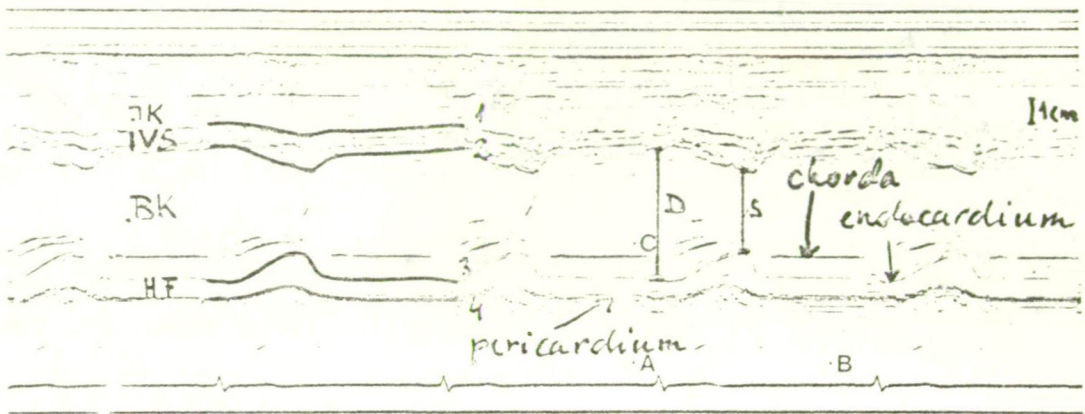
Echocardiológiában egy- és kétdimenziós technikákat használunk [4], így a számítógép alkalmazása is két részre különíthető el:

1. Az egy dimenzióju - egycsatornás, M-módu - echocardiogramm számítógépes vizsgálata;

2. A két dimenzióju - jelen esetben sokcsatornás - echocardiológiában alkalmazott számítógépes segítség.

Az egy dimenzióju echocardiogrammok számítógépes  
analizise

Az M-módozatú ún. scan-en a sugárnyaláb iránya az aortagyökbalpitvartól fokozatosan változik - mozog - a mitrális vitorlák, majd a balkamra ürege felé [4]. A rutin klinikai lelet elkészítésekor is - mely kézi méréssel történik általában - segítséget jelenthet a számítógép, mert használatával a mérésre és az értékelésre fordított idő jelentősen lerövidül. Önmagában ezért azonban kérdéses, hogy gazdaságos lenne-e a számítógép használata. Azonban számos echographiás paraméter folyamatos mérése a szív-ciklus során - amelyek igen gyorsan változnak - már nagyon sok új információt nyújt, melyeket számítógép használata nélkül lehetetlen megmérni és feldolgozni. Számos probléma közül, mi magunk elsősorban a balkamra diastolés és systolés volumenének meghatározására, az interventriculáris septum és a bal kamra hátsófalának vastagságának, illetve mindezen adatok gyors időbeli változásának mérésére /a szív-cikluson belül/ használtuk a módszert [8]. Az 1. ábrán a balkamra haránt- /ún. "rövid"/ átmérőjének echocardiographiás képét mutatjuk be. Jól látható, hogy a hátsófalli endocardium egy - jellegzetes képet mutató -



1. ábra

Az ábrán egy egycsatornás echocardiographiás felvétel részlet látható, ahol a sugárirány a balkamra felé tekint. A kirajzolandó vonalak:

- 1 - a septum jobb széle,
- 2 - a septum bal széle,
- 3 - a balkamra hátsó felének endocardiuma,
- 4 - a pericardium.

Rövidítések:

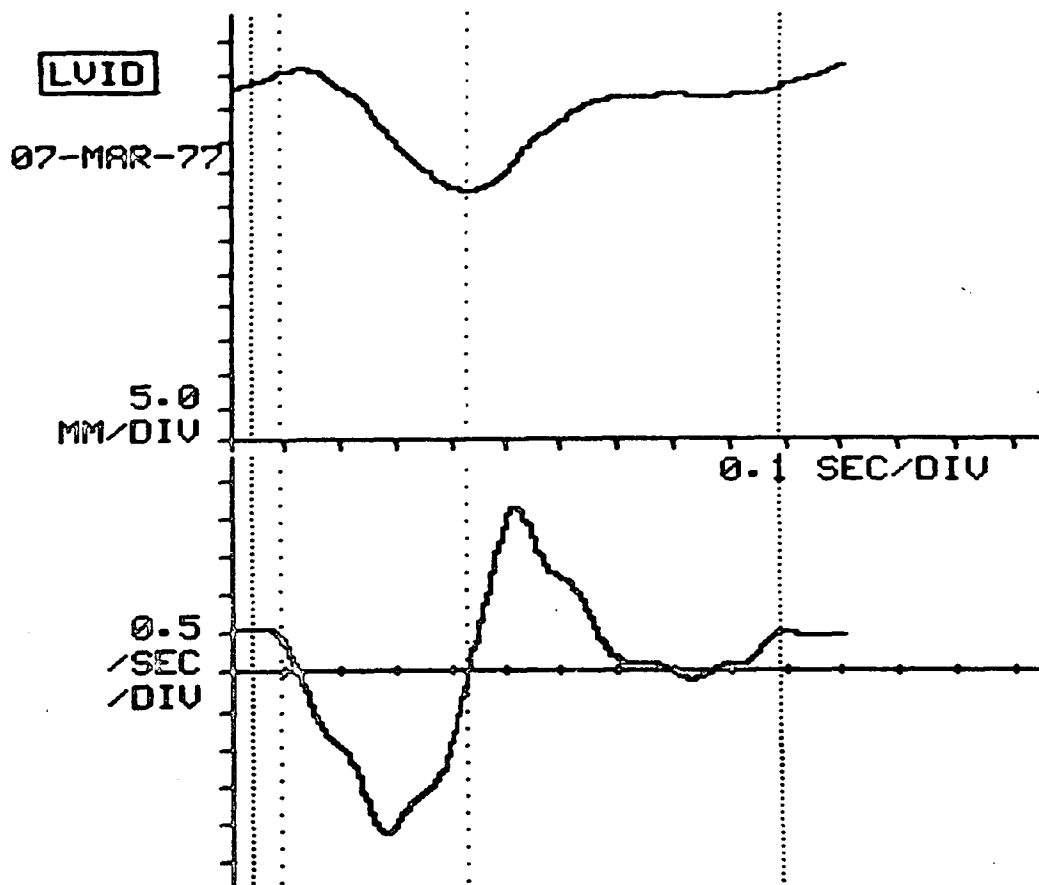
- JK = jobbkamra, IVS = interventricularis septum,  
BK = balkamra ürege, HF = balkamra hátsó fala,  
D = a balkamrai "rövid" átmérő diastoleben,  
S = systoleban

igen vékony vonal. Pl. a chordák az endocardium mellett sokkal erősebben verik vissza az ultrahang sugarakat, tehát jobban látszanak. Tul. bonyolult feladatnak tűnik a számítógép számára az endocardium "felismerése", ezért ceruzával "kihuzzuk" a vizsgálni kívánt vonalat, mely mentén a digitális tollal a digitális asztalkán úgy kell végighaladni - egy teljes szív cikluson belül, azaz R hullámtól a következő R hullámig - hogy azt egy pillanatra sem szabad felemelni az asztalkáról. Mindez természetesen előzetes kalibráció után történik. Amennyiben a vonal technikailag korrekt, a monitor felszólít bennünket a következő vonal megrajzolására. Miután korrekt módon kijelöltük a négy vonalat /septum jobb széle, septum bal széle, hátsófali endocardium, epicardium/, a számítógép kiszámítja a balkamrai volument, és az adatok és a görbe megjelennek a képernyőn /2. ábra/. A számítógép következő kérdése, hogy tároljuk-e az adatokat és kinek a számára /5. ábra/.

A balkamrai volument a következőképpen számítjuk ki. Normális egyénben az általunk mért balkamrai harántátmérő /M/ fele a hosszanti átmérőnek /L = 2M/.

$$\text{Volumen} = \frac{\pi}{6} \cdot LM^2 = \frac{\pi}{3} M^3 = 1,047 M^3$$

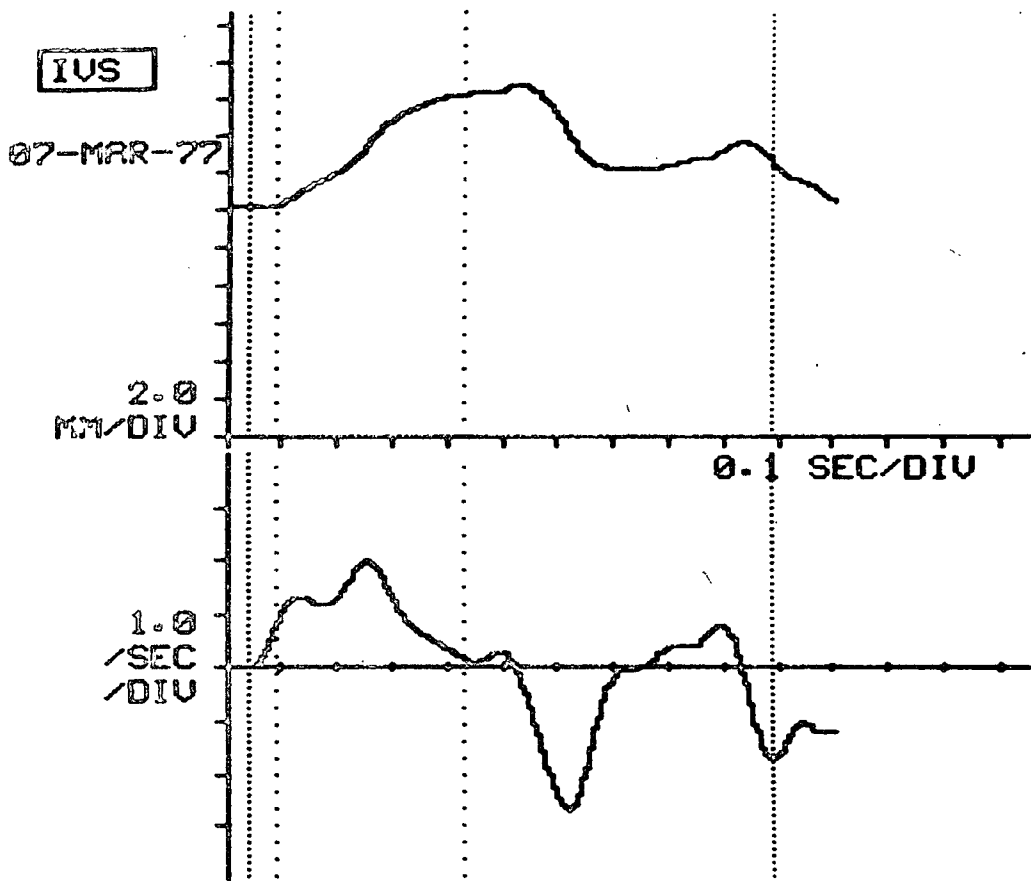
Természetesen globuláris alakú balkamra esetén más képletet kell használnunk. Kiszámítható az ejectiós volumen és a körkörös rostmegrövidülési sebesség is.



2. ábra

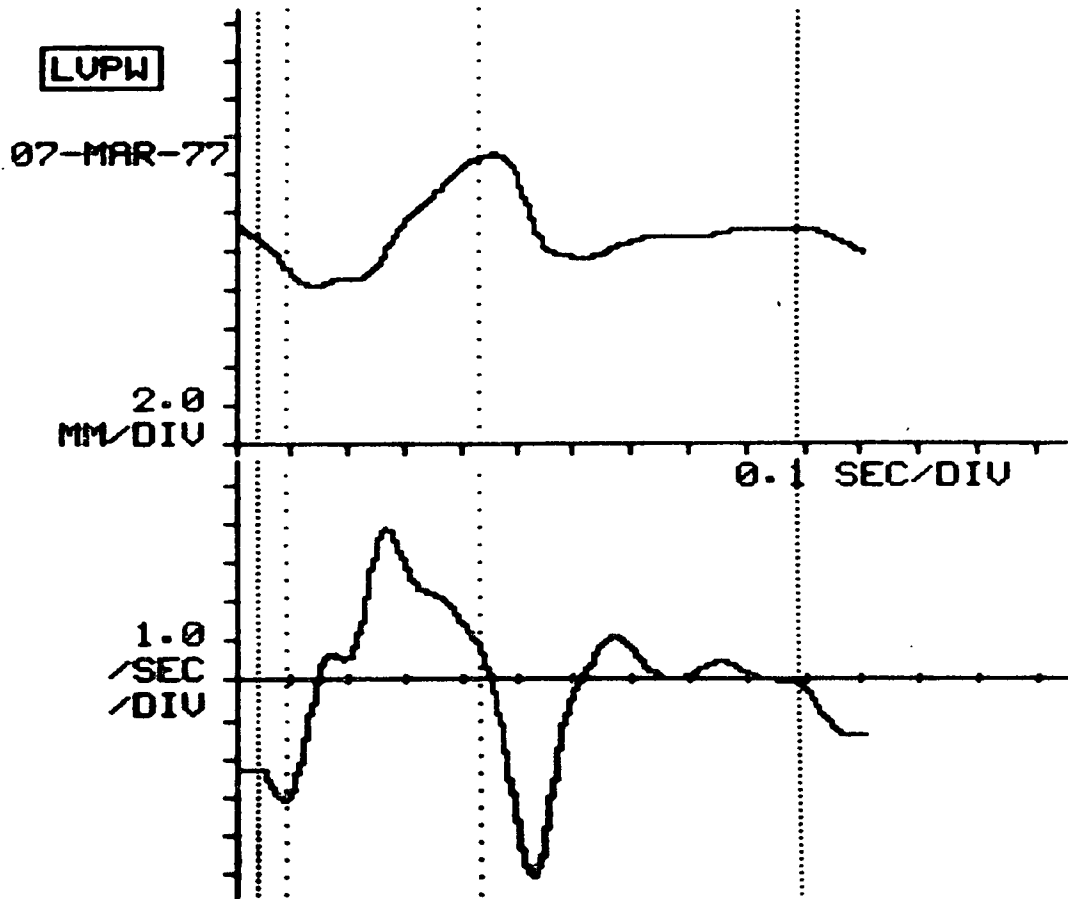
A felső görbén egy normális egyén bal kamrájának belső térfogata változását tüntettük fel az idő függvényében. A sűrűn pontozott vonalak az EKG R hullámainak a csucsát jelzik. A baloldali ritkán pontozott vonal a systole kezdetét, a jobboldali a diastole kezdetét jelzi. Alul a térfogatgörbe első deriváltja.

Hasonló módon megjelenik a képernyőn az interventriculáris septum vastagságának változása a szív ciklus során /3. ábra/ és a balkamra hátsó falának hasonló adatai is /4. ábra/.



3. ábra

A felső görbén sz interventricularis septum vastagságának változása látható egy szívütésen belül, normál egyénben. Alul a görbe első deriváltja. A pontozott vonalak jelentése megegyezik a 2. ábra jelzéseivel



4. ábra

A balkamra hátsó falának vastagságának változása látható egy szív ciklus kapcsán normális egyénben. Alul a görbe első deriváltja

Ha a képernyőn megjelenített görbét tárolni kívánjuk, a PDP 11 minicomputer /16 K/ tárolja azt. A képről azonban tetszés szerinti számú fotokópiát is készíthetünk. A digitális tollat és asztalkát a Rotterdami Erasmus Universitát Thoraxcentrumának echocardiographiás laboratóriumában fejlesztették ki [9, 10].

Vizsgálataink egyik tárgyát az aorta-vitiumok képezték, nevezetesen az, hogy milyen különbség van a balkamrai dimenzió és a septum valamint a hátsófali vastagság alakulásában a systolében, a normál egyénekhez képest. Ugyancsak érdekes lehet egy beteget folyamatosan követni; miként alakulnak a szóbanforgó paraméterek az idő elteltével, illetve a betegség progressziójával párhuzamosan /5. ábra, 3 pozíció/. Azóta jelent meg Sheppard és mtsainak közleménye, akik ugyan nem számítógéppel dolgoztak, de jellegzetes különbséget találtak az aorta stenosisban szenvedő betegek és a normál egyének között a hátsó fal mozgásában [7]. Ez a probléma számítógéppel részletesebben és pontosabban vizsgálható.

A balkamra diastolés funkcióját, a relaxatiót is tanulmányoztuk; vizsgálataink azt bizonyították, hogy hypertrophiás cardiomyopathiában a balkamra hátsó falának relaxatiója kóros [8].

Az említetteken kívül még számos, gyorsan változó



L. U. FUNC. PARAMETERS 07-MAR-77

	IUS	LUID	LUPW
E. D. DIMENSIE (MM)	12	56	9
E. S. DIMENSIE (MM).	18	37	15
E. S. / E. D. CHANGE (%)	-47	33	-65
MEAN RATE OF CHANGE	-1.4	1.0	-2.0
+ PK RATE OF CHANGE	2.0	2.1	3.9
- PK RATE OF CHANGE	-2.7	-2.1	-5.1
HEART RATE	64 (BPM)		
RR INTRVL	944 (MSEC)		
EJECTION TIME	335 (MSEC)		

- KEUZE: 1) NIET OPSLAAN  
2) OPSLAAN FOLKERT  
3) OPSLAAN MIKLOS  
4) OPSLAAN SKZ  
5) OPSLAAN SCHELLING

5. ábra

A balkamra funkcióját jelző echocardiogrammiás paraméterek digitalis megjelenítése, valamint az a kérdés /alul/, hogy tároljuk-e az adatokat és melyik kutató, vagy kutatócsoport számára /pl. 1: nem kell tárolni; 4: a Szófiaai Gyermekkorház kutatóinak az adatai között kell tárolni/. A változás a megfelelő szám érintésével történik a digitalis asztalkán.

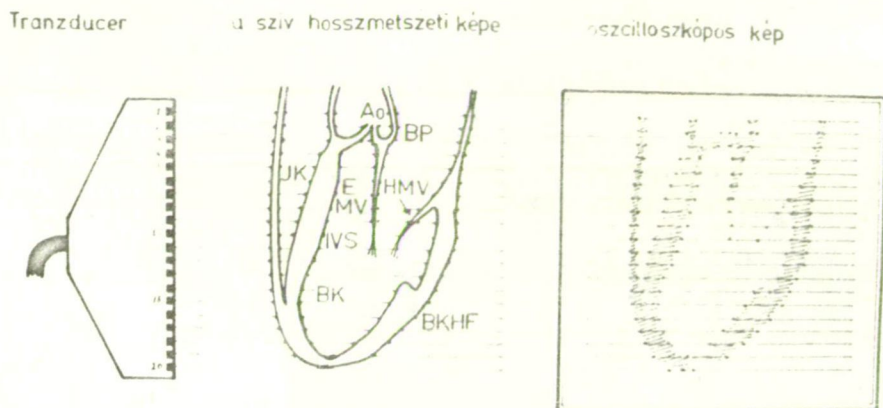
- sok mérést kívánó - echocardiológiai adat is tárgyát képezheti számítógépes vizsgálatoknak.

A kétdimenzióju - jelen esetben sokcsatornás - echocardiogramok számítógépes vizsgálata

Két dimenziós echocardiographiás technika alkalmazásával láthatóvá tehetjük a szív mozgó metszeti képét /6. ábra/. Kétdimenziós képhez több módon juthatunk:

1. egy sugárirány igen gyors változtatásával, amely történhet
  - a/ mechanikus uton, a transducer vibráltatásával,
  - b/ elektronikus uton,
2. többsugaras transducer alkalmazásával, az ún. sokcsatornás echocardiograph használatával.

Mi az utóbbi módszerrel dolgoztunk, melyet Born és mtsai [1, 2, 3, 5, 6] fejlesztettek ki Rotterdamban. Husz transducert alkalmazva, azok egymás után külön-külön működve /gyors, elektronikus kapcsolóváltással/, a visszavert ultrahang sugarakat az oszcilloszkóp ernyőn B-módon tárolja, így a képernyőn kirajzolódik a szív mozgó metszeti képe, másodpercenkénti 150-160 kép váltással /6. ábra/. A gyakorlatban a szív hosszanti és haránt metszetét vizsgáljuk, az oszcilloszkópon megjelenő kép mágneses jeltárolón rögzíthető, és szükség szerint film is készíthető.



6. ábra

Az ábrán a sokcsatornás echocardiograph transducere, a szív hosszmetzeti képe, valamint az oszcilloscopon megjelenő kép látszik. A sokcsatornás transducer elemeit /20/ a számok jelzik.

Nincs idő az egy- és két dimenziós technika egymással szembeni előnyeinek és hátrányainak részletes taglalására. Röviden: a két dimenziós módszer a képletek egymáshoz való viszonyát és térbeli helyzetét megbízhatóbban jelzi, azaz a szív egészéről valósabb információt nyújt. Az egycsatornás /M módozatu/ technikával viszont a kis képleteket, valamint a képletek időbeli mozgását figyelhetjük meg alaposabban.

Többször lehet szükség arra, hogy az egyébként igen impresszionáló, plasztikus sokcsatornás képből néhány

részletet - különböző irányokban - kiemeljük, és azt alaposabb vizsgálat tárgyává tesszük M-módon is.

Különösen bonyolult congenitalis vitiumok esetében lehet szükség arra, hogy egy szokatlan képletet - amit a sokcsatornás felvétel alapján nem tudunk azonosítani - a mozgását M-módon analizálva - identifikáljuk azt. /Ugyanakkor éppen ezen betegségek tisztázásában szinte nélkülözhetetlen szerepe van a sokcsatornás felvételnek./

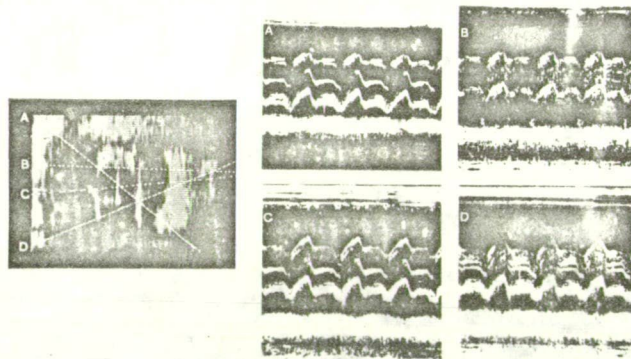
Másrészt esetleg a sokcsatornás képen is jól felismerhető képlet kóros mozgását figyelhetjük meg jobban M-módon. Harmadszor néha hasznos lehet a sokcsatornás kép két vagy több irányának synchron felvétele M módon, hogy azokat részint egymás, részint az idő függvényében analizáljuk.

Két lehetőség van arra, hogy a sokcsatornás képből egy irányt kiemeljük. Az egyszerűbb a 20 transducer közül csak egyet működtetünk és az echocardiogramot M-módon jelenítjük meg. Erre lehetőség van az un. line selector alkalmazásával. Így azonban csak meghatározott irányban vizsgálhatjuk a képleteket, és egyáltalán nem biztos, hogy ez az irány megfelel céljainknak. Gyakran olyan irányokban is érdekes számunkra az összevetés, mely sugárirány technikai vagy anatómiai okokból a valóságban érhető el. Ezeket a "ferde" irányokat a számítógép

valósítja meg, azaz a képletek tetszőleges irányokból történő M-módu analízisére nyújt lehetőséget. A 7. ábrán az aorta gyök-aorta vitorlák sokcsatornás képe, ez az abból készült különböző M-mód rekonstrukciók láthatók. Végül meg kell említeni azokat a simító és egyéb programokat is, melyek használatával a kétdimenziós képek élesebbek lesznek [9, 10], másrészt a képen látható strukturák mozgása egyértelműbben ítélhető meg.

Remélem, hogy ezen rövid idő alatt sikerült valamilyes betekintést nyújtani az echocardiogramok számítógépes analízisének problémáiba a klinikus-orvos szemszögéből.

MULTIPLE M-MODE RECONSTRUCTION



7. ábra

M-mód rekonstrukció. Az ábra baloldalán a sokcsatornás kép. A, B, C, D azok a tetszőleges irányok, mely irányokban az M-mód rekonstrukciót el kívánjuk végeztetni a számítógéppel. Az ábra jobboldalán az A, B, C, D képek a kapott M-módu echocardiographiás képek /Aorta gyök - aorta billentyű/.

I r o d a l o m

- [1] Bom, N.: New Concepts in Echocardiography, Stenfert Kroese Publishers, ISBN 90, 0346. 3 Leiden /1972/
- [2] Bom, N., Lancée, C. T., Honkoop, J., and Hugenholtz, P. G.: Ultrasonic viewer for Cross-Sectional Analysis of Moving Cardiac Structures, Biomed Engng 6/11, 500 /1971/
- [3] Bom, N., Lancée, C. T., van Zwieten, G., Kloster, F. E., and Roelandt, J.: Multiscan Echocardiography I. Technical Description, Circulation 48, 1066 /1973/
- [4] Roelandt, J.: Practical echocardiology. Research Studies Press, Forest Grove, Oregon /1977/
- [5] Roelandt, J. R., Kloster, F. E., ten Cate, F. J., Bom, N. Lancée, C. T. and Hugenholtz, P. G.: Multiscan Echocardiography; description of the system and initial results in 100 patients, Hart Bulletin 4, 51 /1973/
- [6] Roelandt, J. R., Kloster, F. E., ten Cate, F. J. van Dorp, W. G., Honkoop, J., Bom, N. and Hugenholtz, P. G.: Multidimensional Echocardiography An Appraisal of its clinical usefulness. British Heart J. 36, 29 /1974/

- [7] Sheppard, J. M., Shah, A. A., Sbarbaro, J. A., Brooks, H. L.: Distinctive echocardiographic pattern of posterior wall endocardial motion in aortic stenosis. Amer. Heart J. 96, 9 /1978/
- [8] ten Cate, F. J., Bom, A. H. A., Csanády, M., Hugenholtz, P. G.: Left ventricular wall velocity in asymmetric septal hypertrophy /ASH/, 3<sup>rd</sup> European Congress on Ultrasonics in Medicine, Bologna, Okt. 1-5, 1978
- [9] Vogel, J. A., Brower, R. W., Bom, N., van Zwieten, G., and Roelandt, J.: Automation in Processing of echocardiographic data. Computers in Cardiology /1975/ Rotterdam
- [10] Vogel, J. A., Ligtoet C. M., Bom, N., van Zwieten, G., and Hugenholtz, P. G.: Processing Equipment for Two-Dimensional Echocardiographic data, Ultrasound in Med. and Biol., Pergamon Press /1975/