

Hróðmar Helgason, Kristján Eyjólfsson

FLÆÐISMÆLINGAR MEÐ ÓMSKOÐUN OG Í HJARTAPRÆÐINGU: MAT Á BLÓÐFLÆÐI UM OP Á MILLI GÁTTA

INNGANGUR

Mæling á flæði með Dopplerómun er rannsóknaraðferð sem hefur mikilvægt klínískt notagildi. Hefur verið sýnt fram á það á ýmsan hátt, í dýratilraunum, við mælingar á heilbrigðum sjálfboðaliðum og við klínískar rannsóknir á sjúklingum (1-4). Þannig var sýnt fram á, að flæðismæling með Dopplerómun væri sambærileg við aðrar aðferðir sem beita má við mælingar flæðis, þegar útfall hjartans var mælt hjá börnum (5). Í sjúklingum með meðfædda hjartagalla er hlutfallið á milli flæðis til lungna og flæðis um ósæð til líkamans ($Q_p:Q_s$) notað þegar ákvörðun er tekin um aðgerð. Sambærilegar niðurstöður fást með Dopplerómun og í hjartapræðingu þegar þetta hlutfall er mælt (6).

Tilgangur rannsóknarinnar var að mæla blóðflæði frá hjarta, bæði með Dopplerómun og í hjartapræðingu og athuga fylgni þessara tveggja aðferða. Einnig er mælt magn framhjálaups (shunt) yfir op á milli gátta. Þá var athugað hvort Dopplerómun sé nothæf aðferð til að taka ákvörðun um aðgerð hjá sjúklingum með op á milli gátta (Atrial septal defect, ASD), án þess að sjúklingurinn gangist undir hjartapræðingu.

AÐFERÐIR OG EFNIVIÐUR

Þegar blóðflæði í æð er mælt með Dopplerómun er ákveðinn staður í æðinni valinn og rennslis hraði mældur þar þann tíma sem rennslí á sér stað (í stóru æðunum yfir útrennslistímann, systolu). Þannig fæst flæðiskúrfa hraða yfir útstreymistímann. Slagrúmmál (SV) má finna þannig, að sé meðalrennslis hraði (v) þekktur á tímanum frá t_0 til t_1 (T) og þverskurðarflatarmál æðarinnar

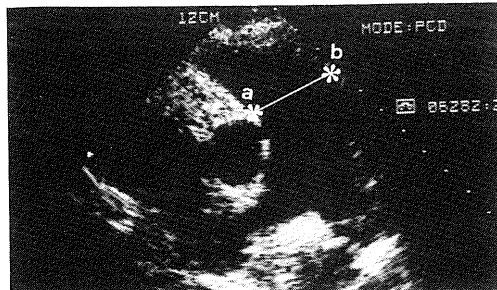


Fig. 1a. Doppler signal from the pulmonary artery.

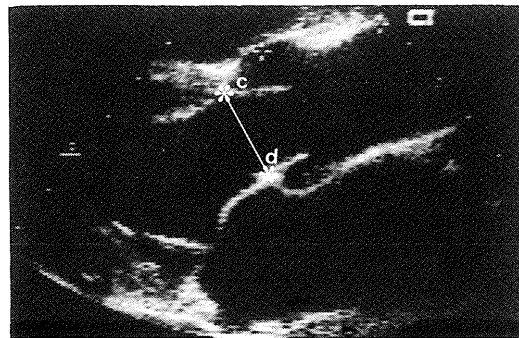


Fig. 1b. Doppler signal from the aorta.

$A = d^2/4 * \pi$ þar sem d er þvermál æðarinnar, þá er:

$$SV = d^2/4 * \pi * v * T$$

Þar sem rennslis hraði er ekki jafn á tímanum T, þ. e. frá því semilunar lokurnar opnast og þar til þær lokast aftur, verður rúmmálið á tímanum T (SV) því:

$$SV = d^2/4 * \pi * \int_{t_0}^{t_1} v(t) dt$$

$$\text{en } \int_{t_0}^{t_1} v(t) dt$$

er einfaldlega flatarmál ómrófsins frá t_0 til t_1 (sjá myndir 1a og 1b).

Frá Barnaspítala Hringins, Landspítalanum¹,
lyflækningadeild Landspítalans². Fyrirspurnir, bréfaskipti:
Hróðmar Helgason.

Útfall hjartans er $CO = SV * R$

þar sem R er hjartsláttarhraði og verður útfallið þannig

$$CO = d^2/4 * \pi * \int_{t_0}^{t_1} v(t) dt * R \quad (7)$$

Þannig er unnt að mæla útfall hjartans bæði í lungnaslagæð og ósæð á einfaldan hátt, sé skekkjuvöldum haldið í lágmarki.

Frá maí 1988 og til ársloka 1990 hafa öll börn sem gengist hafa undir hjartaþræðingu vegna meðfædds hjartagalla, verið ómskoðuð 1 – 14 dögum fyrir þræðingu. Sjúklingarnir í okkar rannsókn 11 börn með op á milli gátta og einn sjúklingur með lungnabláæð frá hægri lunga sem tengdist í efri holæð (vena cava superior). Flæðismæling með Dopplerómun var notuð hjá þessum 12 sjúklingum og blóðflæði í ósæð (E-Qs) og lungnaslagæð (E-Qp) mælt. Notað var Hewlett-Packard ómskoðunartæki (HP sonos 500) við allar skoðanirnar.

Allar ómskoðanirnar og mælingar voru framkvæmdar af sama aðila. Sjúklingarnir voru á aldrinum eins árs til 12 ára. Yngstu börnunum var gefið róandi lyf (Chloral hydrate 65 – 90 mg/kg) fyrir ómskoðunina. Tvívíddarómskoðun var framkvæmd og notaður ómskanni (transducer) með tíðni 5.0 og/eða 3.5 MHz. Lokuhringir lungnaslagæðar og ósæðar voru mældir þar sem yfirsýn var best (myndir 2a og 2b), oftast var tekin mynd mynd sem fékkst við ofanverða vinstri sternal rönd í þverskurði (parasternal short axis) af lungnaslagæð og í langskurði (parasternal long axis) af ósæð. Við Dopplerómun var notað sama tæki. Ómróf (velocity spectrum) í lungnaslagæð mælt með púlserandi Doppler var tekið í miðjum lokuhring rétt ofan við lungnaslagæðarlokuna (mynd 1a). Ómróf í ósæð (mynd 1b) var tekið í miðjum lokuhringnum rétt ofan ósæðarloku. Ómrófið var síðan prentað út með pappírshraða sem ýmist var 50 mm/sek eða 100 mm/sek (sjá myndir 1a og 1b). Flatarmál ómrófs var mælt á tölvuskerminum með tölvuforriti frá Hewlett-Packard.

Sjúklingarnir 12 gengust undir hjartaþræðingu og í þeirri rannsókn var einnig gerð flæðismæling. Hjartaþræðing var framkvæmd þannig að 30-45 mínútur fyrir rannsókn var sjúklingunum gefin innðæling í vöðva

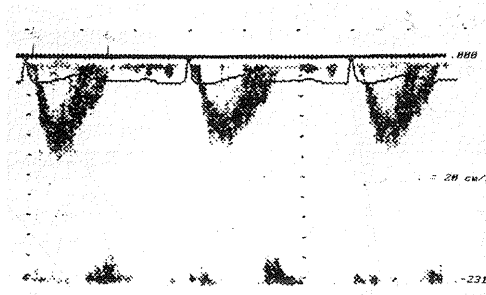


Fig. 2a. Cross-sectional echo view of the pulmonary artery showing points of measurement. The distance from point a to point b is the diameter of the pulmonary outflow tract.

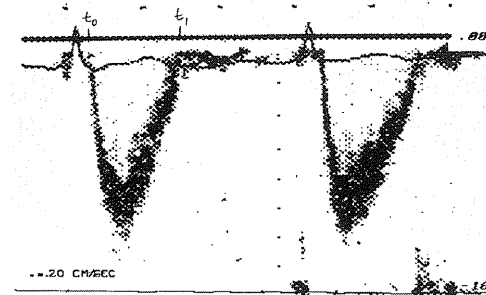


Fig. 2b. Cross-sectional echo view of the aorta showing points of measurement. The distance from point c to point d (the attachment of the aortic valve leaflets) is the diameter of the aortic outflow tract.

með blöndu af Pethidin, Chlorpromazin og Phenergan. Skammtastærð var miðuð við líkamspýngd. Svæfingar var ekki þörf hjá neinum sjúklinganna. Eftir staðdeygingu var þræddur æðaleggur með Seldinger tækni upp eftir lærbláæð (vena femoralis), upp neðri holæð í hægri gátt hjartans; í efri holæð (vena cava superior), aftur í hægri gátt og þaðan í hægri slegil og út í lungnaslagæðar. Þrýstingur og súrefnismettun var mæld á þessum stöðum. Blóðflæði til lungna (C-Qp) og blóðflæði til líkamans um ósæð (C-Qs) var mælt með aðferð Ficks (8). Súrefnisupptaka var ekki mæld en metin eftir töflu þar sem tekið er tillit til stærðar sjúklingsins og hjartsláttarhraða er sýnin eru tekin (9). Mæligildin sem fengust voru síðan leiðrétt með tilliti til líkamsvirborðs, bæði niðurstöður ómunar og þræðingar. Þá var hlutfallið milli

Tafla Meðalgildi flæðismælinga við ómun og hjartaþræðingu ($n=12$).

	Dopplerómun miðtala (svið)	Þræðing miðtala (svið)	p
Qp (L/min m ²)	6.7 (4.4-9.3)	6.7 (4.1-8.9)	p>0.05
Qs (L/min m ²)	3.8 (2.6-4.8)	3.7 (3.0-5.1)	p>0.05
Qp/Qs	1.9 (1.2-2.8)	1.9 (1.0-2.6)	p>0.05

E-Qp/EQs og C-Qp/C-Qs (þ.e. stærðargráða framhjáhlups) borið saman.

TÖLFRÆÐI

Samanturðar á E-Qp og C-Qp annars vegar og E-Qs og C-Qs hins vegar var borinn saman og nonparametrísk próf notuð (Spearman's Rank Correlation). Sama aðferð var notuð þegar hlutfallið á milli E-Qp/E-Qs var borið saman við C-Qp/C-Qs og p gildi fengið. Við samanturð á mæligildum (miðtölur) var notað Wilcoxon signed rank test (10) (sjá töflu).

NIÐURSTÖÐUR

Flæði í ósæð. Fullnægjandi ómskoðun var unnt að framkvæma hjá öllum sjúklingunum þannig að flæðismæling væri möguleg. Einnig var unnt að mæla útfall um ósæð í hjartaþræðingu hjá öllum sjúklingunum. Mestur rennslis hraði í ósæð (mælt með Dopplerómun) mældist frá 0.48 m/sek upp í 1.3 m/sek. Mælt Qs með Dopplerómun og með aðferð Ficks er sýnt í töflu. Góð fylgni (correlation) var á milli E-Qs og C-Qs þegar þessar niðurstöður voru bornar saman ($r=0.87$, $p < 0.01$ (mynd 3a)).

Flæði í lungnaslagæð. Fullnægjandi Dopplerómun var möguleg hjá öllum sjúklingunum þannig að flæðismæling væri möguleg. Einnig var unnt að mæla lungnablóðflæði í hjartaþræðingu hjá öllum sjúklingunum. Mestur rennslis hraði í lungnaslagæð (Dopplerómun) mældist frá 0.62 m/sek. upp í 1.52 m/sek. Niðurstöður flæðismælinga má sjá í töflu. Mjög góð fylgni var á milli E-Qp og C-Qp, ($r=0.85$, $p < 0.01$ (mynd 3b)).

Qp/Qs hlutfall. Þar sem unnt var að mæla Qp og Qs með Dopplerómun og aðferð Ficks hjá öllum sjúklingunum, var reiknað út Qp/Qs hlutfallið bæði með Dopplerómun og með aðferð Ficks. Góð fylgni var þar á milli, ($r=0.82$, $p < 0.01$ (mynd 3c)).

UMRÆÐA

Á undanförunum árum hefur verið lögð aukin áhersla á að þróa og nota rannsóknaraðferðir sem eru fljótlegar, ódýrar og óþægindalausar fyrir sjúklinginn en gefa samt sem áður áreiðanlegar upplýsingar. Dopplerómun hefur ótvírætt slíka kosti og gefur í mörgum tilvikum meiri upplýsingar en hjartaþræðing. Hefur verið lýst að ef hjartaþræðingu er sleppt þegar nýfædd börn með hjartagalla eru rannsökuð fyrir aðgerð séu lægri dánartölur vegna aðgerðarinnar (11).

Niðurstöður okkar benda til þess að mæling á útfalli hjartans og stærð framhjáhlups (Qp/Qs) með Dopplerómun og hjartaþræðingu séu sambærilegar. Síðustu ár hefur hjartaþræðing verið sú viðmiðunarrannsóknaraðferð eða gullstaðall (Golden Standard) sem talin hefur verið áreiðanlegust þegar þörf á hjartaaðgerð við hjartagalla er metin. Má ætla að Dopplerómun leysi þá viðmiðun af hólmi hvað snertir börn með op á milli gátta.

Ekki er marktækur munur á niðurstöðum þegar Qp eða Qs er skoðað sérstaklega miðað við þegar Qp/Qs hlutfallið (stærð framhjáhlups) er skoðað.

Talið er, að til þess að op á milli gátta greinist, þurfi framhjáhlup (Qp:Qs) að vera að minnsta kosti 1.5:1 (14). Þeir sjúklingar sem voru í þessari rannsókn og höfðu Qp:Qs minna en 1.5:1 eru börn sem höfðu stærra framhjáhlup er þau voru yngri. Hjartaþræðing var framkvæmd til að meta stærð framhjáhlups og staðfesta að það hafi minnkað.

Rétt er að benda á að í okkar rannsókn var ekki um að ræða samtímis mælingar með þessum tveimur rannsóknaraðferðum. Þó eru niðurstöður okkar sambærilegar við aðra rannsókn þar sem báðum aðferðum var beitt samtímis (6). Má í því sambandi nefna

Systemic Blood Flow
Comparison of Cath and Echo data
Echo Qs flow (L/min/m²)

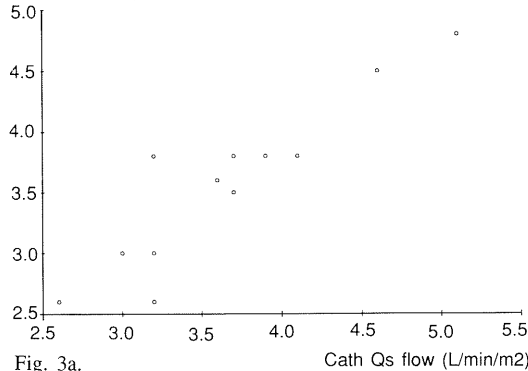


Fig. 3a.

Pulmonary Blood Flow
Comparison of Cath and Echo data
Qp Echo flow (L/min/m²)

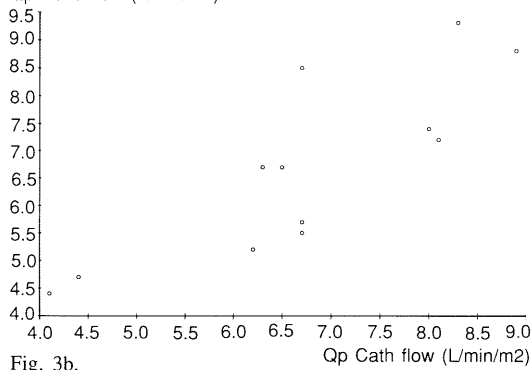


Fig. 3b.

Shunt
Comparison of Qp/Qs by Cath and Echo
Qp/Qs Echo

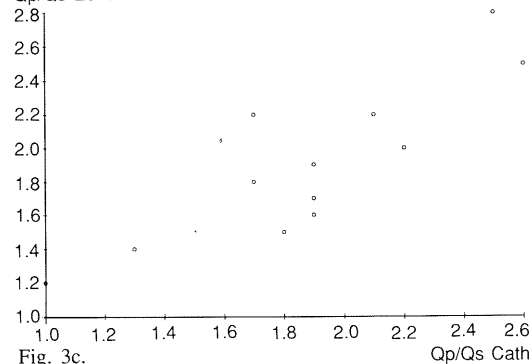


Fig. 3c.

Fig. 3. Regression plot comparing Doppler flow measurements with Fick flow ($n=12$) in the aorta (a), the pulmonary artery (b) and with the Qp/Qs ratio (c).

að sjúklingar með op á milli gátta hafa lítt breytilega mótstöðu í lungnablóðrás þannig að lungnablóðflæði breytist ekki verulega frá einum degi til annars.

Við ómskoðanir þar sem flæði er mælt eru ýmsir skekkjuvaldar þekktir sem reynt var að forðast eftir megni.

1. Mæling þvermáls æðanna (d) er veigamikill þáttur þar sem sú stærð er í öðru veldi í útreikningum. Þess er því gætt að hafa mælingar á mörgum myndrömmum og ætíð í útstreymi. Hefur litómun bætt þar um. Við litómun er rennsli blóðsins mælt um alla æðina og fæst þá litun blóðs á hreyfingu. Gefur þetta skarpar útlínur á æðina þannig að áreiðanleg mæling fæst á þvermál æðarinnar (12).

2. Aðfallshorn á milli ómgeisla og blóðstreymis skal vera sem næst 0^0 en frávik um 10^0 hefur þó ekki veruleg áhrif (13).

3. Gæði ómrófs skal vera sem best til að tryggja að rennslisraði sé rétt mældur. Þarf að gæta þess að ómmerkið sé tekið sem næst lokuhringnum og í miðri æðinni (13).

4. Ef um óreglulegan hjartslátt er að ræða, þarf að mæla ómróf nægilega oft til að réttur meðalhjartsláttarhraði fáiast þar sem verulegur munur getur verið á slagrúmmáli undir þeim kringumstæðum.

5. Í hjartaþræðingu var útfall hjartans mælt með aðferð Ficks en súrefnisupptaka var þó ekki mæld heldur metin. Þetta kann að vera að nokkru skekkjuvaldur er E-Qp er borið saman við C-Qp og er E-Qs er borið saman við C-Qs. Hins vegar eyðist þessi skekkjuvaldur er E-Qp/E-Qs er borið saman við C-Qp/C-Qs, það er stærð framhjálaups.

Ókostir hjartaþræðingar eru margir; sjúklingurinn þarf innlögn á sjúkrahús í tvo til þrjá daga. Taka þarf blóðprufur, blóðflokkun og hugsanlega gefa blóð ef blæðing er fylgikvilli þræðingarinnar. Þá koma oft til hjartsláttartruflanir og einnig þarf röntgenskyggningu, en kostir þess að komast hjá skyggningu eru augljósir.

Þá er rétt að benda á að mæling á útfalli hjartans með aðferð Ficks er í eðli sínu fremur ónákvæm þar sem staðalfrávik við mælingu súrefnismettunar eru um 2%. Er það meðal annars vegna ófullkominnar blöndunar blóðs á þeim stað sem sýnið er tekið (14).

Við ályktum því að flæðismæling með Dopplerómun sé nothæf aðferð til að mæla blóðflæði á milli hólfa í sjúklingum með

op á milli gátta sé þess gætt að halda skekkjuvöldum í lágmarki. Er því unnt að rannsaka flesta þessara sjúklinga og ákveða hvort þörf sé á aðgerð án hjartapræðingar.

ÞAKKIR

Rannsókn þessi er tileinkuð Kvenfélaginu Hringnum, sem um árabíl hefur stutt Barnaspítala Hringins með framlögum og gjöfum. Ómskoðunartæki það sem notað var í þessari rannsókn var þeirra gjöf og án þess hefði okkur ekki verið fært að vinna þessa rannsókn.

SUMMARY

Twelve patients with left-to-right shunt at the atrial level (11 with atrial septal defect (ASD) and one with partial anomalous pulmonary venous connection (PAPVC)) underwent diagnostic cardiac catheterization (cath) after quantification of the shunt had been estimated using Doppler technique. The pulmonary blood flow and the systemic blood flow was measured during the cath using the Fick method. The results of the Doppler technique and the cath method were compared.

The pulmonary blood flow (Qp) by Doppler ranged from 4.4 – 9.3 (median 6.7) l/min/m² and 4.1 – 8.9 (median 6.7) l/min/m² by the Fick method. Correlation (Spearman rank): $r = 0.85$ and $p < 0.01$. The systemic blood flow (Qs) using Doppler ranged from 2.6 – 4.8 (median 3.8) l/min/m² and 3.0 – 5.1 (median 3.7) l/min/m² by the Fick method. Correlation: $r = 0.87$, $p < 0.01$. When Qp/Qs ratio using these two methods was compared the $r = 0.83$, $p < 0.01$.

We conclude that the Doppler method is an effective and reliable method of measuring the size of left-to-right shunt at the atrial level in this group of patients.

HEIMILDIR

1. Steingart RM, Meller J, Barovick J, Patterson R, Herman MV, Teicholtz LE. Pulsed Doppler echocardiographic measurement of beat-to-beat changes in stroke volume in dogs. *Circulation* 1980; 62: 542.
2. Huntsman LL, Gams E, Johnson CC, Fairbanks E. Transcutaneous determination of aortic blood flow velocities in man. *Am Heart J* 1975; 89: 605.
3. Griffith J, Henry WL. An ultrasound system for combined cardiac imaging and Doppler blood flow measurement in man. *Circulation* 1978; 57: 925.
4. Huntsman LL, Steward DK, Barnes SR, Franklin SB, Colocousis JS, Heisel SA. Noninvasive Doppler determination of cardiac output in man: clinical validation. *Circulation* 1983; 67: 593.
5. Alverson DC, Eldridge M, Dillon T, Yabek SM, Berman WJ. Noninvasive pulsed Doppler determination of cardiac output in neonates and children. *J Pediatr* 1982; 101: 46.
6. Sanders SP, Yeager S, Williams RG. Measurement of systemic and pulmonary blood flow and Qp:Qs ratio using Doppler and two-dimensional echocardiography. *Am J Cardiol* 1983; 51: 952.
7. Nanda N. Doppler Evaluation of Cardiac Output. In: *Doppler Echocardiography*. Tokyo: Igaku-Shoin, 1985: 149.
8. Goerke J, Mines AH. Physics of the Heart and Circulation. In: *Cardiovascular Physiology*. New York: Raven Press, 1988: 56.
9. Rudolph AM, ed. Catheterization and Angiocardiology. In: *Congenital Diseases of the Heart*. Chicago: Year Medical Publishers, 1974.
10. Colton T. Nonparametric Methods. In: *Statistics in Medicine*. Boston, Little Brown & Company, 1974: 216.
11. Krabill KA, Ring S, Foker JE, et al. Echocardiographic versus Cardiac Catheterization Diagnosis of Infants with Congenital Heart Defects Requiring Cardiac Surgery. *Am J Cardiol* 1987; 60: 351.
12. Ludomirski A, Hutha JC. Color Doppler of Congenital Heart Disease in the Child and Adult. New York: Futura Publishing Company Inc, 1987: 16.
13. Goldberg SJ, Allen HD, Marx GR, Flinn CJ. Flow computation. In: *Doppler Echocardiography*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1985: 68.
14. Grossmann W, ed. Profiles in Congenital Heart Disease. In: *Cardiac Catheterization and Angiocardiology*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1980: 377.