

38. Šabovič M. *Mehanizem fiziološkega in farmakološkega raztapljanja krvnih strdkov*. Doktorsko delo. Ljubljana: Medicinska fakulteta Univerze v Ljubljani, 1992.
39. Szczeklik A, Radwan J, Kubicka A, Libura M, Sacha T, Swadzba J, Undas A, Szczeklik J, Jodlowski J. Plasma fibrinolytic activity in healthy subjects with high and low lipoprotein(a) concentrations. *Thromb Res 1992; 66*: 391–5.

Prispelo 19.4.1994

Ehokardiografija desnega srca Echocardiography of the right heart

Mirta Koželj*

Deskriptorji
ehokardiografija
desni prekat, funkcija
desni preddvor, funkcija

Descriptors
echocardiography
ventricular function, right
atrial function, right

Izvleček. V prispevku obravnavamo dokaj redko temo v kardiologiji, tj. desno srce. Prikaz desnega srca, predvsem desnega prekata, je še vedno, predvsem zaradi svoje lege in nenavadne geometrično nepravilne oblike, precej zapleten kljub številnim preiskovalnim metodam. Z razvojem ehokardiografije smo pridobili neinvazivno preiskovalno metodo, ki je kljub nekaterim omejitvam postala najpomembnejša preiskovalna metoda za ugotavljanje bolezenskih dogajanj v področju desnega srca. Posebno velik pomen pa ima doplerska ehokardiografija, s katero merimo hitrosti toka krvi preko srčnih zaklopk in ocenjujemo pljučni krvni tlak. Omejili smo se na ehokardiografski prikaz desnega srca pri zdravih ljudeh, kar nam služi kot osnova za razumevanje bolezenskih dogajanj v desnem srcu.

Abstract. The paper deals with the right heart, an issue rarely discussed in the cardiologic literature. Despite the available imaging techniques, evaluation of the right heart and the right ventricle in particular still poses many problems, which are mostly due to the complex geometry of the right ventricle and its retrosternal position. In spite of some technical limitations, two-dimensional echocardiography has become the foremost diagnostic method for examining the right heart. Doppler echocardiography also plays a very important role in the noninvasive assessment of velocity of blood flow through the tricuspid and pulmonary valves as well as in the determination of the pulmonary artery pressure. The paper outlines a systematic approach to the evaluation of the normal right heart, which provides a basis for echocardiographic studies of the right heart pathologies.

Uvod

V začetnem obdobju ehokardiografije je bilo na prvem mestu opazovanje levega srca. Desna stran srca je ehokardiografsko težko dostopna zaradi nekaterih tehničnih zadržkov, kot so moteči odmevi s pljuč, retrosternalni položaj desnega srca in bližina pretvornika (»near field« motnje). Druga težava je nenavadna anatomija desnega srca, predvsem desnega prekata. Desni prekat ima trikotno obliko z bazo v področju trikuspidalne zaklopke in z vrhom na konici prekata. Na prečnem preseku pa ima obliko prirezanega polmeseca. Meritve velikosti desnih srčnih votlin in debeline sten moti tudi močna trabekulacija sten desnega prekata (1).

Z razvojem ehokardiografije, predvsem dvodimenzionalne, je začelo naraščati tudi zanimanje za desno srce. Tako je ehokardiografija postala s tehničnimi izboljšavami kljub nekaterim omejitvam najpomembnejša preiskovalna metoda za ugotavljanje bolezenskih dogajanj tudi v področju desnega srca. V zadnjih nekaj letih smo z uvedbo transezofagealne ehokardiografije pridobili še novo okno za opazovanje desnega srca (2).

*Asist. dr. sc. Mirta Koželj, dr. med., Center za bolezni srca in ožilja, Klinični center Ljubljana, Zaloška cesta 7, 61000 Ljubljana.

Pri opazovanju desnega srca ugotavljamo primarne spremembe v tem področju in spremembe, ki so posledica motenega delovanja levega srca ali bolezenskih sprememb v pljučnem obtoku.

Za pravilno oceno sprememb na desnem srcu je treba najprej poznati njegovo normalno ehokardiografsko sliko.

Zaradi že omenjene nenavadne anatomske strukture desnega srca uporabljamo pri ehokardiografskem pregledu tega področja posebne ehokardiografske projekcije za opazovanje in meritve velikosti desnega preddvora, posameznih delov desnega prekata (vtočni trakt, telo desnega prekata in iztočni trakt), trikuspidalnega aparata in pulmonalne zaklopke. Ker leži desno srce pred levim, kar lahko lego desnega srca pomembno spremeni, se pri ehokardiografskem prikazu struktur desnega srca ne moremo zanašati le na zunanje točke na prsnem košu, pač pa se orientiramo glede na značilne stalne anatomske točke.

Poleg opazovanja morfologije posameznih predelov desnega srca z dvodimenzionalno ehokardiografijo ima veliko vrednost tudi doplerska ehokardiografija, s katero merimo hitrosti toka krvi skozi ožine v desnem srcu in opazujemo spremembe v smeri toka krvi. Z doplersko ehokardiografijo lahko na neinvaziven način ocenimo pljučni krvni tlak.

Ehokardiografski prikaz normalnega desnega srca

Ločimo ehokardiografske projekcije za prikaz desnega prekata in preddvora ter projekcije za prikaz trikuspidalne in pulmonalne zaklopke. Nekatere ehokardiografske projekcije pa so skupne za prikaz več struktur v desnem srcu. Ker smo podrobneje že opisali ehokardiografijo trikuspidalne zaklopke (3), smo se omejili pri današnjem prikazu na ostale dele desnega srca.

Ehokardiografske projekcije za prikaz desnega prekata

Za prikaz desnega prekata se poslužujemo sedmih različnih ehokardiografskih projekcij (1):

- parasternalna projekcija po dolgi osi za prikaz vtočnega trakta desnega prekata (*slika 1*),
- parasternalna projekcija po kratki osi (*slika 2*),
- apikalna projekcija »štirih votlin« (*slika 3*),
- subkostalna projekcija »štirih votlin« (*slika 4*),
- parasternalna projekcija po dolgi osi za prikaz levega srca (*slika 5*),
- parasternalna projekcija za prikaz iztočnega dela desnega prekata s pljučno arterijo (*slika 6*),
- parasternalna projekcija po kratki osi s prikazom aorte (*slika 7*).

Za opazovanje **pulmonalne zaklopke** uporabljamo parasternalno projekcijo za prikaz iztočnega trakta s pljučno arterijo (*slika 6*).

Za opazovanje **vtočnega trakta desnega prekata** so najprimernejše projekcije: parasternalna projekcija po dolgi osi s prikazom vtočnega trakta desnega prekata (*slika 1*) in obe projekciji »štirih votlin« (*slika 3*, *slika 4*). V teh projekcijah je ponovljivost meritve



Slika 1. Meritev širine vtočnega trakta desnega prekata v parasternalni projekciji po dolgi osi za desni prekat. RV – desni prekat (vtočni trakt), TV – trikuspidalna zaklopka, RA – desni preddvor.



Slika 2. Prikaz vtočnega trakta desnega prekata (RV) v parasternalni projekciji po kratki osi. LV – levi prekat.



Slika 3. Meritve velikosti telesa desnega prekata v apikalni projekciji »štirih votlin« (prečni premer, ki je hkrati tudi premer vtočnega trakta desnega prekata in vzdolžni premer desnega prekata). RV – desni prekat, RA – desni predvor, TV – trikuspidalna zaklopka.



Slika 4. Meritev širine vtočnega trakta desnega prekata v subkostalni projekciji »štirih votlin«. RV – desni prekat, RA – desni predvor, TV – trikuspidalna zaklopka, LV – levi prekat.



Slika 5. Parasternalna projekcija po dolgi osi za prikaz levega srca. RVOT – iztočni trakt desnega prekata? (glej tekst), LV – levi prekat, AO – aorta, LA – levi preddvor.



Slika 6. Meritve širine iztočnega trakta desnega prekata v parasternalni projekciji za prikaz iztočnega trakta desnega prekata s pljučno arterijo. RVOT – iztočni trakt desnega prekata, PV – pulmonalna zaklopka, PA – pljučna arterija.



Slika 7. Meritve širine iztočnega trakta desnega prekata v parasternalni projekciji po kratki osi s prikazom aorte. RVOT – iztočni trakt desnega prekata, RA – desni preddvor, AO – aorta.

dobra, vendar so včasih tehnično težje izvedljive. Priporočene normalne vrednosti dimenzij vtočnega trakta ob koncu diastole v posameznih projekcijah so (1):

- parasternalna projekcija po dolgi osi za prikaz vtočnega trakta desnega prekata: $2,6 \pm 0,3 \text{ cm/m}^2$,
- apikalna projekcija »štirih votlin«: $1,4 \pm 0,2 \text{ cm/m}^2$,
- subkostalna projekcija »štirih votlin«: $2,9 \pm 0,4 \text{ cm/m}^2$.

Za merjenje velikosti osrednjega **telesa desnega prekata** izmerimo daljšo, tj. vzdolžno dimenzijo, in krajšo, tj. prečno dimenzijo desnega prekata. Krajša dimenzija je določena kot širina desnega prekata v srednji tretjini votline. Vzdolžna dimenzija pa je dolžna prekata od višine trikuspidalnega obroča do vrha desnega prekata. Te meritve izvajamo le v apikalni projekciji štirih votlin. Priporočene normalne vrednosti ob koncu diastole so (1):

- krajša dimenzija: $1,8 \pm 0,2 \text{ cm/m}^2$,
- daljša dimenzija: $4,4 \pm 0,4 \text{ cm/m}^2$.

Za opazovanje **iztočnega trakta desnega prekata** je glede na anatomijo najbolj ustrezna parasternalna projekcija s prikazom iztočnega trakta desnega prekata in pljučne arterije (slika 6). Najbolj ustrezne podatke dobimo z merjenjem iztočnega trakta desnega prekata tik pod pulmonalno zaklopko. Priporočena normalna vrednost ob koncu diastole je $1,4 \pm 0,2 \text{ cm/m}^2$. Zelo pogosto se uporablja za merjenje velikosti iztočnega trakta parasternalna projekcija po dolgi osi za levo srce (slika 5), vendar ta del anatomsko ne ustreza povsem iztočnemu traktu. Isto področje desnega prekata merimo tudi v parasternalni projekciji po kratki osi s prikazom aorte (slika 7).

Merjenje **debeline sten desnega prekata** precej moti močna trabekulacija sten. Izjemna variabilnost v debelini stene se kaže predvsem na prosti lateralni in diafragmalni steni. Pri meritvah moramo izključiti večje trabekule. Stena desnega prekata je zadebeljena, če debelina presega v diastoli $0,4 \text{ cm/m}^2$ (1). Najbolj realne velikosti debeline stene izmerimo v projekcijah za opazovanje iztočnega trakta desnega prekata.

Ehokardiografska ocena delovanja desnega prekata

Delovanje desnega prekata je še vedno diagnostično vprašanje. Sprva se je zdelo, da bo ehokardiografija k temu veliko doprinesla. Razvilo se je precej ehokardiografskih metod za izračunavanje iztisnega deleža (frakcije) desnega prekata (4), vendar so vse metode razočarale. Glavni funkcionalni del desnega prekata tvori telo desnega prekata, ki pa ga je najtežje izmeriti. Omenili smo že, da ga lahko ocenjujemo le iz apikalne projekcije »štirih votlin«. Pri oceni velikosti desnega prekata v sistoli in v diastoli zelo moti vrtenje desnega prekata med sistolo, ki pa je najbolj očitna prav v tej projekciji. Druga šibka točka izračunavanja iztisnega deleža desnega prekata je njegova nepravilna oblika, saj je uporaba formule za elipsoid povezana z veliko napako in zato neuporabna. Sistolično funkcijo desnega prekata pri vsakodnevem delu zato ocenimo le semikvantitativno z dvodimenzionalno ehokardiografijo. Izračunavanje iztisne frakcije je veliko bolj zanesljivo z radioizotopskimi metodami, ker ta metoda ni v tolikšni meri omejena z geometrijo votline.

Prav tako je težka tudi ocenitev diastolične funkcije desnega prekata. Motnje le-tega nastajajo najpogosteje zaradi perikardialne konstrikcije. Seveda je lahko prizadeta diastolična funkcija desnega prekata pri različnih infiltrativnih boleznih srčne mišice; vendar te bolezni po navadi prizadenejo obe strani srca enako. Diastolično funkcijo ocenimo podobno kot pri levem prekatu z doplersko ehokardiografijo. Merimo velikost vala E in vala A v doplerskem signalu toka krvi skozi trikuspidalno zaklopko in računamo razmerje med obema deloma doplerskega signala (5).

Ehokardiografski prikaz desnega preddvora

Desni preddvor lahko opazujemo v več ehokardiografskih projekcijah, vendar meritve velikosti te votline izvajamo le v apikalni projekciji »štirih votlin« (slika 8).

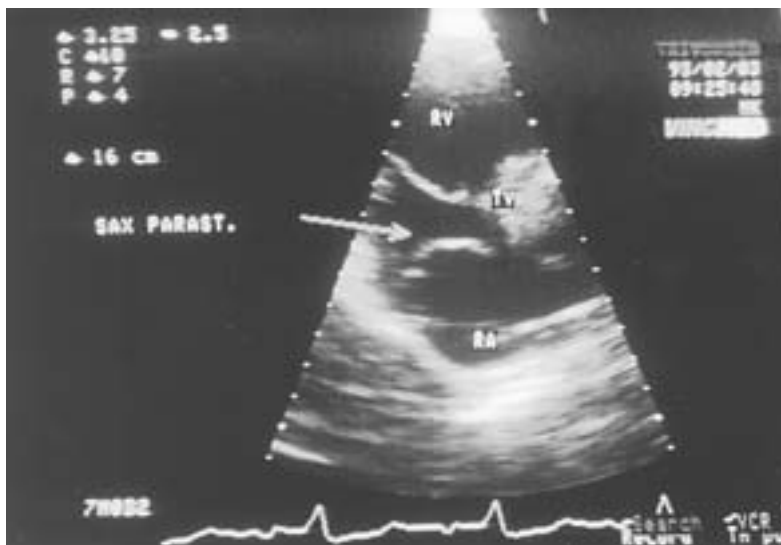
Prečni premer je največja dimenzija desnega preddvora (v srednji tretjini) pravokotno na atrijski pretin. Vzdolžni premer izberemo tako, da je smer merjenja vzporedna atrijskemu pretinu od višine trikuspidalnega obroča ob narastišču septalnega lista do zadnje stene desnega preddvora. V literaturi naletimo na dokaj različne normalne vrednosti teh velikosti. Glede na anatomske študije je prečni premer desnega preddvora nekoliko večji kot vzdolžni premer pri zdravih preiskovancih (6). Izsledki naših raziskav (7) priporočajo naslednje vrednosti velikosti desnega preddvora ob koncu sistole:

- prečni premer: $2,02 \pm 0,18 \text{ cm/m}^2$,
- vzdolžni premer: $1,97 \pm 0,25 \text{ cm/m}^2$,
- površina: $6,36 \pm 1,05 \text{ cm}^2/\text{m}^2$.

Te vrednosti se dobro ujemajo z anatomske študijami in z drugimi avtorji (6, 8).



Slika 8. Meritve desnega preddvora v apikalni projekciji »štirih votlin«. RV – desni prekat, RA – desni preddvor.



Slika 9. Chiarijeva mreža v desnem preddvoru (puščica) v parasternalni projekciji po kratki osi. RV – desni prekat, TV – prirastišče trikuspidalne zaklopke, RA – desni preddvor.

Pri ehokardiografski preiskavi včasih naletimo na nanavadne plapolajoče odmeve, ki jih moramo ločiti od bolezenskega dogajanja v tej srčni votlini. To so ostanki membrane iz fetalnega življenja, ki je usmerjala tok oksigenirane krvi iz spodnje votle vene preko atrijskega pretina v levi preddvor. Ostanek te membrane je Chiarijeva mreža (*slika 9*). Če se ta tvorba nepopolno resorbira, jo lahko srečamo kot Eustahijevo zaklopko ob vtočišču spodnje votle vene ali kot Thebesijevo zaklopko ob vtočišču koronarnega sinusa. Vse te najdbe nimajo kliničnega pomena, poznati pa jih moramo, da jih ne bi zamenjali s tumorskimi ali trombotičnimi masami.

Doplerska ehokardiografija desnega srca

Doplerske meritve s področja desnega srca so pomembne predvsem za ugotavljanje bolezenskih sprememb na trikuspidalni in pulmonalni zaklopki, za neinvazivno oceno pljučnega tlaka in za oceno vtočnih motenj v desno srce. Zaradi teh diagnostičnih možnosti je doplerska ehokardiografija v precejšnji meri nadomestila invazivne preiskovalne metode na tem področju.

Doplerske meritve izvajamo v projekcijah, kjer je tok krvi najbolj vzporeden z vpadnim kotom ultrazvočnega snopa. Za orientacijo nam je v veliko pomoč barvna doplerska ehokardiografija.

Pri zdravem odraslem človeku je doplerski prikaz toka krvi skozi trikuspidalno zaklopko v diastoli dvofazne oblike, največja začetna hitrost je okrog 0,3–0,6 m/s, kar je nekoliko manj kot hitrost toka krvi skozi mitralno zaklopko. Med dihanjem se hitrost toka krvi skozi trikuspidalno zaklopko nekoliko spreminja (*9*). Začetna hitrost toka krvi je pospešena pri povečanem pretoku skozi zaklopko ali pri zožitvi trikuspidalne zaklopke. Na obliki doplerskega signala anterogradnega toka krvi skozi trikuspidalno zaklopko se odražajo še številne druge motnje, npr. vtočne motnje zaradi konstrikcije osrčnika ali tamponade srca (izrazito pospešen tok krvi skozi trikuspidalno in pulmonalno ustje pri vdihu, anterogradna hitrost toka krvi poraste pri vdihu za več kot 40 %) in restriktivne motnje.

Pri zdravem človeku je mogoča manjša, tj. fiziološka trikuspidalna regurgitacija. Trikuspidalna regurgitacija, ki je najpogosteje funkcionalna, ima izjemno velik pomen za oceno sistoličnega krvnega tlaka v desnem prekatu, ki je ob odsotnosti zožitve pulmonalne zaklopke enak sistoličnemu krvnemu tlaku v pljučni arteriji. S pomočjo prirjene Bernoullijeve enačbe lahko iz hitrosti toka krvi skozi trikuspidalno zaklopko v sistoli ocenimo gradient tlaka preko zaklopke v sistoli ($p = 4 v_{\max}^2$). Za povsem točen izračun moramo prišteti še centralni venski tlak, ki ga ocenimo klinično. Ta prištevek postane pomemben predvsem v primerih, ko je centralni venski tlak večji od 10 mm Hg.

Normalne vrednosti hitrosti toka krvi skozi pulmonalno zaklopko so 0,6–1,3 m/s. Doplerski signal toka krvi v sistoli skozi pulmonalno zaklopko ima bolj okroglo obliko kot signal pretoka skozi aortno zaklopko in največjo hitrost doseže kasneje v sistoli. Tudi pri zdravih ljudeh pogosto opazimo blago funkcionalno pulmonalno regurgitacijo. Če obstaja pulmonalna regurgitacija, je mogoče oceniti diastolični gradient tlakov med pljučno arterijo in desnim prekatom, kar je v dobri povezavi z diastoličnim tlakom v pljučni arteriji. Seveda ostaja neznanka končni diastolični tlak v desnem prekatu, ki ga je treba priš-

teti končnemu diastoličnemu gradientu tlakov za dokočno ocenitev diastoličnega pljučnega tlaka. Ocenitev je mogoče poenostaviti tako, da diastoličnemu gradientu tlakov prištejemo centralni venski tlak (10).

Zaključek

S prispevkom smo želeli zapolniti vrzel v obravnavanju desnega srca, tako v domači literaturi kot tudi sicer. Do uvedbe ehokardiografije so bile invazivne preiskovalne metode edine, s katerimi je bilo mogoče ocenjevati bolezenske spremembe na desnem srcu. Tudi ocena pljučnega tlaka je bila možna le na krvav način. Po uvedbi ehokardiografije pa je to postala preiskovalna metoda izbora predvsem za opazovanje morfoloških sprememb v tem področju. Nadgradnja klasične ehokardiografije, doplerska ehokardiografija, pa nam nudi možnost za neinvazivno oceno pljučnega krvnega tlaka. Zaradi teh prednosti je ehokardiografija dopolnila in skoraj nadomestila invazivne preiskovalne metode pri boleznih desnega srca in pri stanjih, ki se odražajo na desnem srcu (pljučna hipertenzija različne etiologije). Invazivne preiskovalne metode prihajajo v poštev v glavnem le v redkih primerih slabe ehokardiografske preglednosti.

Za oceno delovanja desnega prekata ostajajo zaenkrat kot metoda izbora radioizotopske metode.

Za ugotavljanje bolezenskih sprememb na desnem srcu je nujno dobro poznavanje normalnih razmer. V prispevku smo priporočali nekatere pomembnejše vrednosti meritev, ki jih opisujejo tuji avtorji ali pa so plod lastnih opazovanj.

Literatura

1. Foale R, Nihoyannopoulos P, McKenna W et al. Echocardiographic measurement of the normal adult right ventricle. *Br Heart J* 1986; 56: 33–44.
2. Fraser AG. Disease of mitral and tricuspid valve. In: Sutherland GR, Roeland JR, Fraser AG, Anderson RH, eds. *Transesophageal echocardiography in clinical practice*. London: Gow Pub Co, 1991: 6.1–6.17.
3. Koželj M. Pomen ehokardiografije v diagnostiki bolezni trikuspidalne zaklopke. *Med Razgl* 1992; 31: 575–85.
4. Feigenbaum H. *Echocardiography*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1986: 159–62.
5. Lee FA. Hemodynamics of the right ventricle in normal and disease states. In: Remetz MS, Cabin HS, eds. *The right ventricle*. *Cardiology Clinics* 1992; 10: 59–67.
6. Bommer W, Weinert L, Neumann A, Neff J, Mason DT, DeMaria A. Determination of right atrial and right ventricular size by two-dimensional echocardiography. *Circulation* 1979; 60: 91–100.
7. Koželj M, Janežič A, Lajovic J. Determination of tricuspid anulus motion in normal adults in four different echocardiographic views. *Eur Heart J* 1992; 13: 334.
8. Lambert H, Braun C, Krebs W. Grossenbestimmung des rechten Vorhofes mittels zweidimensionaler Echokardiographie. *Z Kardiol* 1984; 73: 393–8.
9. Chapman JV, Sgalambro A, eds. *Basic concepts in Doppler echocardiography. Methods of clinical applications based on multi-modality Doppler approach*. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers, 1987: 75–7.
10. Obeid AI, ed. *Echocardiography in clinical practice*. Philadelphia: J. B. Lippincott Company, 1992: 34–8.