

# Intrakavitarni ultrazvok srca

## Opis metode in uporaba v klinični praksi

Intracardiac ultrasound  
Description and clinical applications

Matevž Jan, Matjaž Šinkovec, Bor Antolič, Andrej Pernat

Klinični oddelek  
za kardiologijo,  
Univerzitetni klinični  
center Ljubljana

### Korespondenca/ Correspondence:

Matevž Jan, dr. med;  
janmatevz@hotmail.com;  
tel. 01 522 4941

### Ključne besede:

intrakavitarni ultrazvok  
srca, anatomija srca,  
elektrofiziološki posegi,  
invazivni srčni posegi

### Key words:

intracardiac ultrasound,  
heart anatomy,  
electrophysiology  
procedures, invasive  
cardiac procedures

### Citirajte kot/Cite as:

Zdrav Vestn 2013;  
82: 186–91

Prispelo: 23. mar. 2012,  
Sprejeto: 24. dec. 2012

### Izvleček

Intrakavitarni ultrazvok srca se je razvil zaradi potrebe po natančnem vodenju invazivnih posegov na srcu. Zdravniku, ki opravlja poseg, omogoča dober pregled srčnih struktur ter natančno usmerjanje in postavitev katetrov in raznih naprav v srcu. Sprva so v te namene uporabljali mehanični (rotacijski) tip ultrazvočne sonde, kasneje pa so razvili sektorsko sondo, ki se trenutno največ uporablja. Uporaba intrakavitarnega ultrazvoka srca je najbolj razširjena pri elektrofizioloških posegih in ablacijah zaradi motenj srčnega ritma, pogosto pa ga uporabljajo tudi pri drugih invazivnih posegih na srcu, kot so zapiranje okvare medpredvdornega pretina, zapiranje odprtega ovalnega okna, zapiranje medprekatnega pretina, perkutani posegi na aortni zaklopki in drugi. Največja prednost uporabe intrakavitarnega ultrazvoka srca je večja varnost med invazivnimi posegi na srcu.

### Abstract

Intracardiac ultrasound was developed because of the need for accuracy during invasive heart procedures. This technology enables the operator to visualize heart structures and to precisely guide catheters and various devices in the heart. Mechanical (rotational) type of ultrasound probe was developed first, but has now been surpassed by newer sector type probe that is commonly used nowadays. Use of intracardiac ultrasound is most widespread in electrophysiology procedures and ablations due to heart rhythm disorders. It is also used in other invasive heart procedures, such as atrial septal defect closure, patent foramen ovale closure, ventricular septal defect closure, percutaneous procedures on the aortic valve and others. The use of intracardiac ultrasound ensures a higher level of safety during invasive heart procedures.

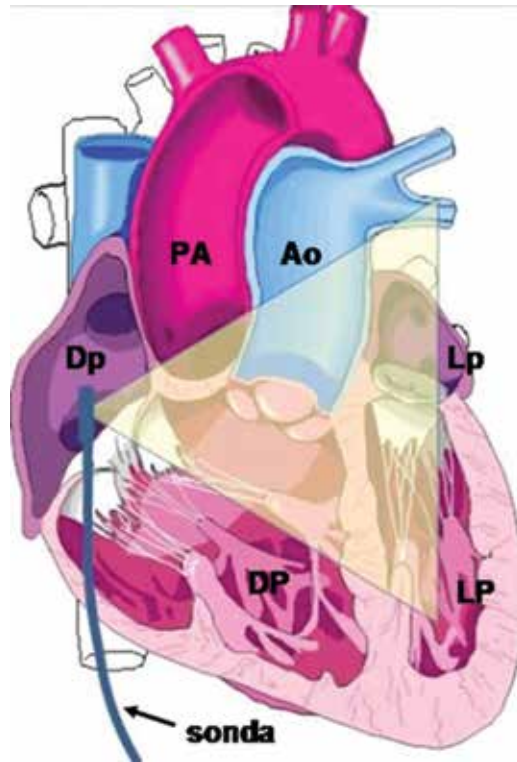
### Uvod

Razvoj transkateterskih posegov v interventnem kardiološkem laboratoriju in skokovit razvoj vse bolj odločnih pristopov k zdravljenju motenj srčnega ritma s pomočjo kateterske radiofrekvenčne ablacije (dalje ablacija), sta sprožila potrebo po čim bolj natančni anatomski orientaciji v srčnih votlinah. Interventni kardiologi in elektrofiziologi se pri anatomski orientaciji opirajo predvsem na fluoroskopijo. Slednja obremenjuje preiskovanca in preiskovalca z ionizirajočim sevanjem, pri čemer pa nudi zgolj grobo orientacijo o anatomski strukturi srca. Razvoj tehnologije je omogočil pomanjšanje ultrazvočnih sond do te mere, da so jih lahko vstavili v katetre, ki jih je mo-

goče skozi večje vene uvesti v srčne votline. Metoda intrakavitarnega ultrazvoka srca omogoča natančen prikaz srčnih struktur, natančno usmerjanje in postavitev katetrov med invazivnimi kardiološkimi in elektrofiziološkimi posegi.

Začetna uporaba te tehnologije izhaja iz koronarografskih laboratorijev, kjer so za natančnejši prikaz strukture stene koronarne arterije razvili znotrajžilni ultrazvok. Pri slednjem uporabljajo visokofrekvenčne ultrazvočne sonde (20–40 MHz). Tako visokofrekvenčno valovanje prodira v okolno tkivo do globine nekaj milimetrov. To zadoštuje za prikaz koronarne arterije, za pregled srčnih struktur pa tak ultrazvok ni uporaben. Šele pomanjšanje sond, ki oddajajo ultrazvok v frekvenčnem območju med 5 in 10

**Slika 1:** Shema prikazuje položaj sonde za intrakavitarni ultrazvok srca v desnem preddvoru ter ultrazvočni snop, ki kot "pahljača" preseka srce. Prikazane strukture so: desni preddvor (Dp), levi preddvor (Lp), desni prekat (DP), levi prekat (LP), aorta (Ao), pljučna arterija (PA).



MHz, je omogočilo prikaz srčnih votlin in anatomskih struktur znotraj srca.

V članku smo opisali osnove tehnologije intrakavitarnega ultrazvoka srca in praktične vidike uporabe v klinični praksi.

## Tehnologija

Trenutno obstajata dve vrsti katetrov za intrakavitarni ultrazvok srca.

Starejši, mehanični tip katetra, uporablja enojni ultrazvočni element, ki je vstavljen na vrh katetra premera 8 Fr (Ultra ICE, Boston Scientific, San Jose, CA, USA). Ultrazvočni element rotira okoli svoje osi in oddaja ultrazvok s frekvenco 9 MHz. S tovrstnim katetrom pridobimo slikovno polje, ki obsega

celotnih 360°, pri čemer je kateter postavljen v središče slikovnega polja. Polmer vidnega polja je približno 4 cm, kar omogoča pregled srčnih votlin. Omejitev tovrstnega katetra je, da prikaže sliko le v eni ravnini, pravokotni na položaj konice katetra. Kateter je tog in nima možnosti mehaničnega usmerjanja niti dopplerske preiskave.

Novejši tip uporablja sektorsko ultrazvočno sondo, ki oddaja ultrazvok s frekvenco 5–10 MHz: sestavljena je iz 64 piezoelektričnih kristalov, ki so vstavljeni v 8 ali 10 Fr kateter (Acunav Diagnostic Ultrasound Catheter, Acuson – Siemens, Mountain View, CA, USA). Kateter je po sestavi in uporabi podoben sondi za transezofagealni ultrazvok. Konica katetra z ultrazvočno sondo se lahko upogiba navspred, navzad, v levo in v desno in tako omogoča optimizacijo prikaza anatomskih struktur znotraj srca. Tako kot ostale sektorske sonde omogoča tudi dopplersko preiskavo ter prilagoditev globine preiskovanja.

V našem laboratoriju trenutno uporabljamo izključno sektorsko ultrazvočno sondo, saj se je ta v praksi izkazala za bolj uporabno.

## Prikaz srčne anatomije s sektorsko ultrazvočno sondo

Za dostop do srca navadno izberemo femoralno veno. Sondo lahko vodimo do srca s pomočjo fluoroskopije ali zgolj ultrazvočne slike. Ko sondo uvedemo v desni preddvor (Slika 1), je potrebno nastaviti ustrezno globino preiskovanja ter orientacijo slike na zaslonu. Če oznako za orientacijo slike nastavimo na levo stran, pomeni, da so na levi

**Slika 2 (levo):** Osnovna projekcija – na sredi slike je vidna zaprta trikuspidalna zaklopka (TZ), levo je vidna kavotrikuspidalna ožina (KTO). Evstahijev greben ni prikazan.



**Slika 3 (desno):** Na sredi slike je vidno ustje koronarnega sinusa (KS).



**Slika 4 (levo):** Na sredi slike je vidna zaprta trikuspidalna zaklopka (TZ), desno od nje je viden bulbus aorte (Ao).



**Slika 5 (desno):** Desno spodaj je vidna avrikula levega preddvora (ALP), levo od nje je zaprta mitralna zaklopka (MZ), nad avrikulo je viden medpreddvorni pretin – ovalno okno (MPP).



vidne strukture srca, ki so dejansko spodaj, saj piezoelektrični kristali zaradi linearne postavitve v katetru tvorijo nekakšno ultrazvočno “pahljačo”, ki je usmerjena navpično.

V spodnjem delu desnega preddvora sondo narahlo obračamo okoli njene osi proti smeri urinega kazalca in tako dosežemo t. i. osnovno projekcijo (*angl.* “home view”), ki je izhodišče za vse ostale. Osnovna projekcija nam omogoča dober prikaz trikuspidalne zaklopke, kavotrikuspidalne ožine in Evstahijevega grebena (Slika 2). Sondo nato nekoliko obrnemo okoli njene osi v smeri urinega kazalca in dosežemo projekcijo, ko vidimo ustje koronarnega sinusa (Slika 3), z obračanjem naprej v smeri urinega kazalca si lahko prikažemo aortno zaklopko in bulbus aorte (Slika 4). S potiskanjem sonde naprej v sredino desnega preddvora si prikažemo medpreddvorni pretin ter strukture v levem preddvoru. Ob obračanju sonde okoli njene osi v smeri urinega kazalca si prikažemo v zaporedju naslednje strukture: mitralni obroč in avrikulo levega preddvora (Slika 5); levo zgornjo pljučno veno – ponavadi jo prikažemo le skupaj z levo spodnjo pljučno veno (Slika 6); levo spodnjo pljučno veno samo (Slika 7); zadnjo steno levega predd-

vora skupaj s požiralnikom (Slika 8); desno spodnjo pljučno veno (Slika 9), desno zgornjo pljučno veno (Slika 10). Za dober prikaz desne zgornje pljučne vene je ponavadi potrebno sondo potisniti nekoliko naprej v desni preddvor in jo rahlo upogniti navzad.

Dodatne projekcije je mogoče doseči z namestitvijo sonde v vtočni del desnega prekata skozi trikuspidalno zaklopko. To dosežemo tako, da sondo v spodnjem delu desnega preddvora obrnemo okoli njene osi v nasprotju smeri urinega kazalca in jo hkrati upognemo navzpred. V takšnem položaju si prikažemo desni prekat v vzdolžnem preseku (Slika 11). Če v tem položaju s sondo napredujemo proti desnemu prekату in jo nato obrnemo okoli njene osi v kateri koli smeri, si prikažemo levi prekat v prečnem preseku (Slika 12). Z dodatnim obračanjem sonde okoli njene osi si prikažemo aortno zaklopko v prečnem preseku (Slika 13) ter iztočni del desnega prekata in pulmonalno zaklopko (Slika 14).

**Slika 6 (levo):** Desno spodaj je vidna leva zgornja pljučna vena (LZPV), pod njo je leva spodnja pljučna vena (LSPV).



**Slika 7 (desno):** Desno spodaj je vidna leva spodnja pljučna vena (LSPV).



**Slika 8 (levo):** Na sredi slike je vidna zadnja stena levega preddvora (Lp), pod njo je požiralnik (Es) z značilnim triplastnim izgledom (temna, svetla in ponovno temna plast). Plasti tvorita sluznica požiralnika in zrak v požiralniku (zrak močno odbija ultrazvok, zato je intenzivno bel).



**Slika 9 (desno):** Levo spodaj je vidna desna spodnja pljučna vena (DSPV).



## Uporabnost intrakavitarnega ultrazvoka srca

### Elektrofiziološki posegi

Intrakavitarni ultrazvok srca je ključen pri varni punkciji medpreddvornega pretina, ki jo uporabljamo za prehod v levi preddvor pri ablacijah levostranskih preddvornih tahikardij in preddvorne fibrilacije<sup>1-3</sup> (Slika 15). Tako se izognemo morebitni punkciji aorte ali punkciji v perikardialni prostor, kar lahko povzroči tamponado srca.

Poleg večje varnosti pred punkcijo omogoča intrakavitarni ultrazvok tudi izbiro mesta za punkcijo medpreddvornega pretina, kar lahko zelo olajša ravnanje z ablaacijskim katetrom v levem preddvoru. Na primer: pri ablaciji na ustjih pljučnih ven, ki jo uporabljamo za zdravljenje atrijske fibrilacije, je ugodnejša punkcija zadnjega dela medpreddvornega pretina, pri ablaciji na sprednjem delu mitralnega obroča pri levostranskih akcesornih poteh pa je ugodnejša punkcija sprednjega dela medpreddvornega pretina.

Pomembna je tudi vloga intrakavitarnega ultrazvoka srca pri umestitvi ablaacijskega

katetra v pljučne vene oziroma na njihovo ustje. Ablacija pregloboko v pljučnih venah lahko namreč vodi v stenozo le-teh.<sup>4</sup> Tudi prikaz položaja t. i. "lasso" katetra, s katerim beležimo električne signale iz pljučnih ven, je pomemben, saj nam lahko potrdi, da dejansko beležimo signale iz pljučne vene, ne pa iz kakšne druge strukture, na primer iz leve avrikule (Slika 16).

Intrakavitarni ultrazvok srca nam omogoča prikaz požiralnika, ki je za zadnjo steno levega preddvora. Kadar prikažemo konico ablaacijskega katetra v bližini požiralnika, moramo za zmanjšanje nevarnosti, da pride do hudega zapleta, in sicer nastanka fistule med levim preddvorom in požiralnikom, ustrezno zmanjšati energijo ablacije.<sup>5</sup>

Obstajajo tudi poročila o nadzorovanju ablacije v smislu preprečevanja pregrevanja tkiva, ki lahko povzroči manjšo eksplozijo v tkivu (*angl.* "steam pop"), ki je še posebno nevarna, če se zgodi v področju levega preddvora. Povzroči lahko namreč tamponado srca in sistemske embolizme.<sup>6</sup> Pregrevanje tkiva zaznamo z intrakavitarnim ultrazvokom kot pojav številnih majhnih "mehurčkov" v krvi blizu področja ablacije. Omenjena metoda je manj uporabna

**Slika 10 (levo):** Vidna je desna zgornja pljučna vena (DZPV), ki poteka od zgornjega proti spodnjemu delu slike.

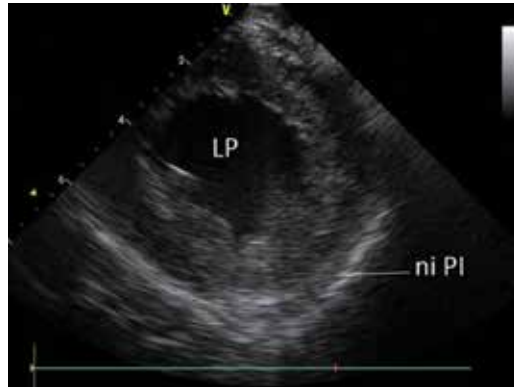


**Slika 11 (desno):** Zgoraj je vidna zaprta trikuspidalna zaklopka (TZ), pod njo je viden desni prekat (DP).





**Slika 12 (levo):** Na sliki je viden levi prekat (LP), okrog katerega ni vidne perikardialne špranje – odsotnost perikardialnega izliva (PI).



**Slika 13 (desno):** Na sliki je vidna trilistna aortna zaklopka. Lističi zaklopke so: levi koronarni (L), desni koronarni (D) in nekoronarni (N).



pri uporabi ablacijskih katetrov z zunanjim hlajenjem, saj v tem primeru ves čas ablacije vidimo “mehurčke”, ki nastanejo zaradi velikega pretoka fiziološke raztopine skozi odprtine v konici ablacijskega katetra.

Nadzorujemo lahko tudi stik med ablacijskim katetrom in tkivom, saj je znano, da ob dobrem stiku pride do globlje poškodbe tkiva in s tem do bolj učinkovite ablacije.<sup>7</sup>

Intrakavitarni ultrazvok srca nam lahko zelo pomaga pri ablacijah idiopatske prekatne tahikardije iz iztočnega dela desnega ali levega prekata ali iz aortnega bulbusa. Prikazemo si lahko natančen položaj ablacijskega katetra glede na pulmonalno zaklopko. Določimo lahko tudi lego ablacijskega katetra v bulbusu aorte ter lego glede na izstopišča koronarnih arterij, za kar bi v nasprotnem primeru potrebovali koronarno angiografijo.<sup>8</sup>

Potrebno je omeniti tudi uporabnost intrakavitarnega ultrazvoka pri zahtevnejših ablacijah kavotrikuspidalne ožine zaradi tipične preddvorne undulacije. V tem področju so pogosto prisotne vdolbine, prisoten pa je lahko tudi močno izražen Evstahijev greben (Slika 17). Če si lahko omenjene ana-

tomske drugačnosti dobro prikažemo, lažje in bolj učinkovito izvedemo ablacijo.<sup>9</sup>

### Invazivni srčni posegi

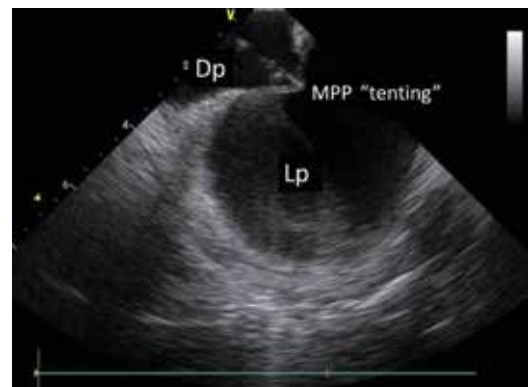
Intrakavitarni ultrazvok srca lahko uporabimo kot pomoč pri perkutanem zapiranjju defektov v medpreddvornem pretinu, prehodnega ovalnega okna in defektov v membranskem delu medprekatnega pretina.<sup>10</sup> Glavna prednost pred transezofagealnim ultrazvokom, ki ga pogosto uporabljajo ob omenjenih posegih, je ta, da ni potrebna splošna anestezija. Sicer je tudi pred samim zapiranjem mogoče oceniti anatomijo medpreddvornega in medprekatnega pretina – velikost okvar in meritev robov okvar. Mogoče je oceniti tudi položaj zapirala ter njegovo lego glede na znotrarsrčne strukture. Ob uporabi 8 Fr katetra je intrakavitarni ultrazvok srca uporaben za omenjene posege pri manjših otrocih.

Novejše indikacije za uporabo intrakavitarnega ultrazvoka srca so: perkutani posegi na aortni zaklopki (balonska dilatacija in vstavitve umetne aortne bioproteze), perkutani posegi na mitralni zaklopki, perkutani posegi na pulmonalni in trikuspidalni za-

**Slika 14 (levo):** Na zgornjem delu slike je vidna zaprta pulmonalna zaklopka (PZ), pod njo je deblo pljučne arterije (PA), nad njo je iztočni del desnega prekata (ITDP). Levo je viden bulbus aorte (Ao).



**Slika 15 (desno):** Na sliki je viden medpreddvorni pretin (MPP), na katerega je naslonjena igla, ki jo uporabljamo za prehod iz desnega (Dp) v levi preddvor (Lp). Naslonjena igla deformira pretin, ki daje šotorast izgled (angl. tenting).



**Slika 16 (levo):** Desno spodaj je vidna desna spodnja pljučna vena (DSPV), v kateri je t. i. "lasso" kateter, nad njim pa je konica ablacijskega katetra (abl).



**Slika 17 (desno):** Na sredi slike je vidna delno odprta trikuspidalna zaklopka (TZ). Levo je kavotrikuspidalna ožina, na kateri je vidna konica ablacijskega katetra (abl).



klopki, vstavitev zapirala v avrikulo levega preddvora ter znotrajsrčne ciljane biopsije, na primer srčnih tumorjev.

## Zaključek

Intrakavitarni ultrazvok srca je nova metoda za prikaz znotrajsrčnih struktur. Zaradi dobre gibljivosti sektorske sonde in možnosti uporabe dopplerske preiskave menimo, da je le-ta bolj uporabna kot mehanska sonda.

Intrakavitarni ultrazvok srca se je izkazal kot dobra zamenjava za transezofagealni ultrazvok srca pri invazivnih srčnih ter elektrofizioloških posegih, saj ni potrebe po splošni anesteziji. Zaradi bližine znotrajsrčnih struktur ter neodvisnosti od stika s stenopožiralnika je pogosto tudi kakovost ultrazvočne slike boljša kot pri transezofagealnem ultrazvoku srca. Predvsem pa je potrebno poudariti, da je varnost invazivnih posegov (predvsem to velja za punkcijo medpreddvornega pretina) večja ob dobrem ultrazvočnem nadzoru dogajanja in stanja v srcu.

Z intrakavitarnim ultrazvokom srca pa ni mogoče zadovoljivo prikazati vseh srčnih struktur. Glavni vzrok za to je omejena možnost gibanja sonde znotraj srca in nezmožnost spreminjanja osi piezoelektričnih kristalov. Tako ni mogoče zadovoljivo prikazati levega prekata v celoti. Pregledati tudi ni mogoče mitralne zaklopke v vseh ravninah, kot je to mogoče s transezofagealnim ultrazvokom srca, pri katerem sodobne sonde omogočajo spreminjanje osi piezoelektričnih kristalov.

## Literatura

1. Epstein LM, Smith T, TenHoff H. Nonfluoroscopic transseptal catheterization: safety and efficacy of intracardiac echocardiographic guidance. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1998 Jun; 9(6): 625–30.
2. Daoud EG, Kalbfleisch SJ, Hummel JD. Intracardiac echocardiography to guide transseptal left heart catheterization for radiofrequency catheter ablation. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 1999 Mar; 10(3): 358–63.
3. Dravid SG, Hope B, McKinnie JJ. Intracardiac echocardiography in electrophysiology: a review of current applications in practice. *Echocardiography* 2008 Nov; 25(10): 1172–5.
4. Holmes DR Jr, Monahan KH, Packer D. Pulmonary vein stenosis complicating ablation for atrial fibrillation: clinical spectrum and interventional considerations. *JACC Cardiovasc Interv* 2009 Apr; 2(4): 267–76.
5. Ren JF, Lin D, Marchlinski FE, Callans DJ, Patel V. Esophageal imaging and strategies for avoiding injury during left atrial ablation for atrial fibrillation. *Heart Rhythm* 2006 Oct; 3(10): 1156–61.
6. Marrouche NF, Marin DO, Wazni O in sod. Phased-array intracardiac echocardiography monitoring during pulmonary vein isolation in patients with atrial fibrillation: impact on outcome and complications. *Circulation* 2003 Jun; 107(21): 2710–6.
7. Kalman JM, Fitzpatrick AP, Olgin JE in sod. Biophysical characteristics of radiofrequency lesion formation in vivo: dynamics of catheter tip-tissue contact evaluated by intracardiac echocardiography. *Am Heart J* 1997; 133: 8–18.
8. Lamberti F, Calo' L, Pandozi C, Castro A, Loricchio ML, Boggi A, Toscano S, Ricci R, Drago F, Santini M. Radiofrequency catheter ablation of idiopathic left ventricular outflow tract tachycardia: utility of intracardiac echocardiography. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2001 May; 12(5): 529–35.
9. Banchs JE, Patel P, Naccarelli GV, Gonzalez MD. Intracardiac echocardiography in complex cardiac catheter ablation procedures. *J Interv Card Electrophysiol* 2010 Sep; 28(3): 167–84.
10. Hijazi ZM, Shivkumar K, Sahn DJ. Intracardiac Echocardiography During Interventional and Electrophysiological Cardiac Catheterization. *Circulation* 2009; 119: 587–596.