

# Procjena funkcije desne klijetke u kandidata za liječenje mehaničkom potporom lijevoj klijetci

---

**Forgač, Jelena**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2014**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, School of Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:105:826085>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-03**



*Repository / Repozitorij:*

[Dr Med - University of Zagreb School of Medicine Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
MEDICINSKI FAKULTET**

**Jelena Forgač**

**Procjena funkcije desne klijetke u kandidata za  
liječenje mehaničkom potporom lijevoj klijetci**

**DIPLOMSKI RAD**



**Zagreb, 2014.**

Ovaj diplomski rad izrađen je u Koronarnoj jedinici Klinike za bolesti srca i krvnih žila Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Kliničkog bolničkog centra Zagreb, pod vodstvom dr.sc. Boška Skorića i predan je na ocjenu u akademskoj godini 2013/2014.

Mentor: dr.sc. Boško Skorić, dr.med.

## Popis kratica

ACEI – inhibitor konvertaze angiotenzina (engl. *angiotensin-converting-enzyme inhibitor*)

ARB – blokator receptora angiotenzina (engl. *angiotensin receptor blocker*)

AST – aspartat aminotrasferaza

BiVAD – crpka za mehaničku biventrikulsku potporu (engl. *biventricular assist device*)

BUN-urea u krvi (engl. *blood urea nitrogen*)

CI – srčani indeks (engl. *cardiac index*)

CO – minutni volumen (engl. *cardiac output*)

CRP – C-reaktivni protein (engl. *C-reactive protein*)

CVP – centralni venski tlak (engl. *central venous pressure*)

EccIx – indeks ekscentričnosti lijeve klijetke (engl. *left ventricular eccentricity index*)

INTERMACS – Interagency Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support

IVA – izovolumno vrijeme relaksacije miokarda (engl. *isovolumic acceleration*)

LAD – lijeva prednja silazna koronarna arterija (engl. *left anterior descending*)

LAP – tlak u lijevoj pretklijetci (engl. *left atrial pressure*)

LCA – lijeva koronarna arterija (engl. *left coronary artery*)

LVAD – crpka za mehaničku potporu lijeve klijetke (engl. *left ventricular assist device*)

MPAP – srednji tlak u plućnoj arteriji (engl. *mean pulmonary arterial pressure*)

MPI – pokazatelj miokardnog učinka (engl. *myocardial performance index*)

PAP – tlak u plućnoj arteriji (engl. *pulmonary artery pressure*)

PCWP – plućni kapilarni tlak (engl. *pulmonary capillary wedge pressure*)

PVR – plućna vaskularna rezistencija (engl. *pulmonary vascular resistance*)

RAP – tlak u desnoj pretklijetci (engl. *right atrial pressure*)

RCA – desna koronarna arterija (engl. *right coronary artery*)

RVAD – crpka za mehaničku potporu desne klijetke (engl. *right ventricular assist device*)

RVEDD – promjer desne klijetke na kraju dijastole (engl. *right ventricular end-diastolic diameter*)

RVEF – ejekcijska frakcija desne klijetke (engl. *right ventricular ejection fraction*)

RVESD – promjer desne klijetke na kraju sistole (engl. *right ventricular end-systolic diameter*)

RVFAC – promjena frakcijske areje desne klijetke (engl. *right ventricular fractional area change*)

RVFRS – ljestvica rizika od popuštanja desne klijetke (engl. *right ventricular failure risk score*)

RVIT – ulazni trakt desne klijetke (engl. *right ventricular inflow tract*)

RVMPI – indeks učinkovitosti desne klijetke (engl. *right ventricular myocardial performance index*)

RVOT – izgonski trakt desne klijetke (engl. *right ventricular outflow tract*)

RVSW – rad desne klijetke tijekom sistole (engl. *right ventricular stroke work*)

RVSWI – indeks rada desne klijetke tijekom sistole (engl. *right ventricular stroke work index*)

TAPSE – amplituda sistoličke pokretljivosti trikuspidalnog prstena (engl. *tricuspid annular plane systolic excursion*)

## SADRŽAJ

SAŽETAK.....	
SUMMARY.....	
1. UVOD.....	1
2. DESNA KLIJETKA .....	2
2.1 Anatomija .....	2
2.2 Fiziologija .....	3
2.3 Interventrikulska ovisnost .....	4
3. ZATAJENJE DESNE KLIJETKE .....	5
4. LVAD I DESNA KLIJETKA.....	6
5. PARAMETRI ZA PROCJENU FUNKCIJE DESNE KLIJETKE.....	8
5.1 Ehokardiografija i Doppler .....	9
5.2 Hemodinamski parametri.....	14
5.3 Laboratorijski parametri.....	15
5.4 Ljestvice za procjenu rizika od desnostranog popuštanja srca.....	15
6. ZAKLJUČAK .....	17
7. ZAHVALE.....	18
8. LITERATURA.....	19
9. ŽIVOTOPIS.....	22

## SAŽETAK

Ugradnja uređaja za mehaničku cirkulacijsku potporu (VAD, engl. *ventricular assist device*) jedan je od suvremenih pristupa u liječenju bolesnika sa završnim stadijem srčanog zatajenja, refrakternim na maksimalnu medikamentnu terapiju. Znatan praktični problem predstavlja novonastalo zatajenje desne klijetke u nekih bolesnika nakon ugradnje LVAD-a. Zatajenje desne klijetke dovodi do smanjenog punjenja lijeve klijetke i smanjenja „outputa“ LVAD-a što dovodi do globalnog zatajenja cirkulacije bolesnika koje se kratkoročno može liječiti inotropnom potporom desnoj klijetci, a trajnije ugradnjom dodatne mehaničke potpore desnoj klijetci. Perioperativna smrtnost bolesnika u kojih je nakon implantacije LVAD-a došlo do zatajenja desne klijetke povećava se za 19% do 43% u odnosu na bolesnike bez novonastalog zatajenja desne klijetke, a slabije preživljenje bilježi se čak i u onih bolesnika koji se podvrgnu transplantaciji srca. Iz tog razloga izuzetno je važan dobar probir kandidata za ugradnju mehaničke cirkulacijske potpore lijevoj klijetci (LVAD) koristeći parametre funkcije desne klijetke sa što većom prediktivnom vrijednosti rizika od njezinog postimplantacijskog zatajenja. Procjena funkcije i strukture desne klijetke uključuje evaluaciju njezine veličine, oblika, debljine stijenki, položaja interventrikulskog septuma, stupnja trikuspidne regurgitacije te dilatacije desne pretklijetke, pulmonalne arterije i njezinih grana, donje šuplje vene i prstena trikuspidnog zalistka.

Iako još uvijek ne postoje jednoznačne smjernice, predloženi su kriteriji za predviđanje nepovoljnog ishoda i optimalni probir kandidata.

Ključne riječi: LVAD, desna klijetka, zatajenje desne klijetke, procjena funkcije desne klijetke, odabir kandidata

## **SUMMARY**

Implantation of ventricular assist device (VAD) is one of the contemporary approaches in treatment of end-stage refractory heart failure. Right ventricular failure after LVAD implantation presents a considerable practical issue. It results in poor left ventricular filling and poor LVAD output, often necessitating additional RV support in the form of inotropes or a right-sided mechanical device. When RV failure occurs, the perioperative mortality of LVAD surgery increases up to 19% to 43%. These patients tend to have worse survival after cardiac transplant as well. Therefore, selection of an appropriate candidate for LVAD implantation by using parameters most predictive of rightsided failure is crucial. Assessment of RV includes an evaluation of RV shape, size, wall thickness as well as the position of the interventricular septum, tricuspid regurgitation, dilatation of right atrium, right ventricle, tricuspid valve annulus, main pulmonary artery and inferior vena cava with its respiratory alterations. Although there are no consensus guidelines for LVAD implantation, criteria have been developed to help optimize patient selection and outcomes.

Key words: LVAD, right ventricle, right ventricular failure, right ventricle assessment, patient selection



## 1. UVOD

Zatajivanje srca jedan je od vodećih uzroka pobola i smrtnosti u zemljama modernog svijeta čija je prevalencija u stalnom porastu. Riječ je u patološkom stanju povezanom s velikom smrtnošću: 30-40% unutar prve godine, odnosno 60-70% unutar pet godina od postavljanja dijagnoze te se često o zatajivanju srca govori kao o najmasovnijoj zloćudnoj bolesti današnjice (Vrhovac B et al. 2008). Stoga ne čudi kako se sve veći napori ulažu u razvijanje novih metoda liječenja.

Ugradnja mehaničke cirkulacijske potpore (VAD-a, engl. *ventricular assist device*) jedan je od suvremenih pristupa u liječenju bolesnika sa završnim stadijem srčanog zatajenja, refrakternim na maksimalnu medikamentnu terapiju. Radi se o mehaničkoj crpki koja privremeno ili trajno nadomješta funkciju lijeve klijetke (LVAD), desne klijetke (RVAD) ili objiju klijetki (BiVAD). VAD se koristi kao trajna terapija za bolesnike koji nisu odgovarajući kandidati za transplantaciju srca (engl. *destination therapy*) ili kao privremeno rješenje tj. premoštavanje do transplantacije (engl. *bridge to transplant*), kao privremena potpora srčanoj funkciji kada se očekuje njezin oporavak (engl. *bridge to recovery*) ili do donošenja konačne odluke o nastavku liječenja (engl. *bridge to decision*).

Najčešća indikacija za ugradnju mehaničke cirkulacijske potpore je zatajenje lijeve klijetke te se sukladno tome najčešće ugrađuje LVAD. Bolesnici u završnom stadiju srčanog zatajenja, kojima je LVAD ugrađen kao trajna terapija (engl. *destination therapy*), pokazali su veće preživljenje u odnosu na bolesnike koji su liječeni standardnom farmakoterapijom (Rogers JG et al. 2007). Unatoč ovim ohrabrujućim rezultatima, znatan praktični problem predstavlja novonastalo zatajenje desne klijetke u nekih bolesnika u postimplantacijskom razdoblju. Zatajenje desne klijetke dovodi do smanjenog punjenja lijeve klijetke i smanjenja *outputa* LVAD-a što dovodi do potrebe za inotropnom potporom desnoj klijetci ili za ugradnjom dodatne mehaničke potpore desnoj klijetci (Matthews JC et al. 2008). Zatajenje desne klijetke, uz multiorgansko zatajenje, krvarenje i infekcije, jedan je od glavnih uzroka postimplantacijske smrtnosti (Carrel T et al. 2012). Perioperativna smrtnost bolesnika u kojih je nakon implantacije LVAD-a došlo do zatajenja desne klijetke povećava se za 19% do 43% u odnosu na bolesnike bez novonastalog zatajenja desne klijetke, a bilježi se i slabije preživljenje čak i ako se podvrgnu transplantaciji srca (Matthews JC et al. 2008).

Iz tog razloga izuzetno je važan dobar probir kandidata za ugradnju mehaničke potpore lijevoj klijetci (LVAD) koristeći parametre funkcije desne klijetke sa što većom prediktivnom vrijednosti rizika od njezinog postimplantacijskog zatajenja. Iako još uvijek ne postoje jednoznačne smjernice, predloženi su određeni kriteriji za procjenu nepovoljnog ishoda i optimalni probir kandidata (Wilson SR et al. 2009). Cilj ovog rada je dati sustavan pregled dosadašnjih spoznaja iz ovog vrlo dinamičnog područja suvremene kardiologije.

## **2. DESNA KLIJETKA**

### **2.1 Anatomija**

U normalnom srcu, desna klijetka je srčana šupljina smještena anteriorno i leži neposredno ispod prsne kosti. Ograničena je prstenom trikuspidnog zalistka i zalistkom plućne arterije i može se podijeliti u tri komponente: (1) ulazni dio, kojeg čine trikuspidni zalistak, tendinealne korde (engl. *chordae tendineae*) s papilarnim mišićima, (2) trabekulirani apikalni miokard i (3) infundibulum ili konusni dio koji odgovara izlaznom traktu s glatkim miokardom. Gledana sa strane, desna klijetka ima trokutasti oblik, dok je u poprečnom presjeku polumjesečastog oblika. Oblik desne klijetke ovisi i o poziciji interventrikulskog septuma, koji je pod normalnim tlačnim uvjetima konkavan prema šupljini lijeve klijetke tijekom sistole i dijastole (Haddad F et al. 2008). Ovakva kompleksna geometrija klijetke ne može se uklopiti u standardne geometrijske modele što sa sobom donosi ograničenja pri procjeni volumena i funkcije klijetke temeljem dvodimenzionalnih tomografskih prikaza (Jurcut R et al. 2010).

Stijenka desne klijetke izgrađena je od površinskog i unutarnjeg sloja mišićnih vlakana. Vlakna površinskog sloja su poredana cirkumferentno, a prema apeksu se postavljaju u kosi položaj i prelaze u površinske miofibrile lijeve klijetke, dok su vlakna unutarnjeg sloja poredana uzdužno od baze prema apeksu (Apostolakis S, Konstantinides S 2012). S obzirom na takvu arhitekturu vlakana, jasno je da postoji međuovisnost klijetki s reperkusijama na mehanizam kontrakcije i funkciju obiju klijetki.

U normalnim uvjetima, protok kroz koronarne arterije u miokardu desne klijetke odvija se u sistoli i u dijastoli. Miokard desne klijetke dobiva krv od desne koronarne arterije (RCA, engl. *right coronary artery*). U većine bolesnika RCA preko svojeg

ogranka, konusne arterije (engl. *conus artery*) opskrbljuje izlazni trakt desne klijetke, preko marginalnih grana (engl. *acute marginal branches*) lateralnu stijenku i preko stražnje silazne arterije (engl. *posterior descending artery*) stražnju stijenku i dio interventrikularnog septuma. Ovisno o koronarnoj dominaciji, RCA sudjeluje u krvnoj opskrbi donje i stražnje stijenke lijeve klijetke. Lijeva koronarna arterija (LCA, engl. *left coronary artery*) obično krvlju opskrbljuje prednju stijenku desne klijetke preko malih grana (engl. *moderator branches*) lijeve prednje silazne koronarne arterije (LAD, engl. *left anterior descending*) (Guarracino F et al. 2005).

## **2.2 Fiziologija**

U intrauterinom razdoblju, kada postoji fetalni obrazac krvotoka, desna klijetka preuzima ulogu dominantne klijetke. Smanjenjem plućnog vaskularnog otpora po rođenju, zatvaranjem foramena ovale i duktusa Botalli te povećanjem sustavnog vaskularnog otpora dolazi do velikih promjena u funkciji obiju klijetki. Desna klijetka od tog trenutka radi pod znatno manjim tlačnim opterećenjem u odnosu na lijevu klijetku te s vremenom dolazi do smanjenja njezine mase i debljine miokarda. Lijeva klijetka se profilira kao klijetka izložena visokom tlaku, velike kontraktilnosti i debelog miokarda, a desna klijetka kao klijetka izložena niskom tlaku, male kontraktilnosti s tankim miokardom velike popustljivosti (engl. *compliance*) (Hines R, 1991).

Primarna funkcija desne klijetke je izgon venske krvi u plućnu cirkulaciju. U normalnim uvjetima, desna klijetka je serijski spojena s lijevom klijetkom te u prosjeku izbacuje jednaki volumen krvi (Apostolakis S, Konstantinides S 2012). Tijekom kontrakcije klijetke, atrioventrikulsko ušće je zatvoreno i za to vrijeme sustavna venska krv pristiže u desnu pretklijetku. Kada tlak u desnoj pretklijetci nadraste tlak ispražnjene desne klijetke, dolazi do otvaranja trikuspidnog ušća. Time počinje faza brzog punjenja klijetke koja odgovara prvoj trećini dijastole. Tijekom srednje trećine dijastole u klijetku neprekidno priteču male količine krvi prolazeći kroz pretklijetku izravno u klijetku. U zadnjoj trećini dijastole dolazi do kontrakcije pretklijetke koja u klijetku izbaci preostalih 20% ukupnog volumena krvi (Guyton AC, Hall JE 2006). Sposobnost obiju klijetki da održe normalan minutni volumen, osiguravajući tako dostatnu perfuziju organa, ovisi o tri ključna čimbenika: (1) kontraktilnom stanju miokarda, (2) volumnom opterećenju (engl. *preloadu*) koje je povezano s rastezanjem miocita prije kontrakcije, i o (3) tlačnom opterećenju (engl.

*afterloadu*) koje se definira kao otpor koji klijetka mora savladati kontrakcijom kako bi izbacila krv (Jurcut R, et al. 2010).

Budući da je tlak u plućnoj cirkulaciji znatno manji u odnosu na tlak u sustavnoj cirkulaciji, desna klijetka ima puno manju mišićnu masu od lijeve klijetke zbog čega je značajno osjetljivija na povećanje *afterloada*. S druge strane, na povećanje *preloada* odgovara povećanjem kontraktilnosti prema Frank-Starlingovom zakonu. Ako povećanje *preloada* prelazi granice prilagodbe, dolazi do smanjenja kontraktilnosti što u konačnici vodi do zatajenja desne klijetke.

Sistola desne klijetke počinje kontrakcijom ulaznog dijela i trabekuliranog miokarda, a završava kontrakcijom infundibuluma 25-50 ms kasnije. Sam mehanizam kontrakcije desne klijetke drugačiji je od onog u lijeve klijetke, a temelji se na tri osnovna mehanizma: (1) pomak slobodnog dijela stijenke prema šupljini klijetke, (2) kontrakcija longitudinalnih vlakana što skraćuje uzdužnu os klijetke i pomiče trikuspidni prsten prema apeksu i (3) povlačenje slobodne stijenke desne klijetke uslijed kontrakcije lijeve klijetke (Haddad F et al. 2008). Za razliku od lijeve klijetke, desna klijetka se znatnije skraćuje uzdužno nego kružno, dok posmični i kružni pokreti bitno ne doprinose njenoj kontrakciji. Zbog većeg omjera površine i volumena, desna klijetka će uz manje utiskivanje stijenki izbaciti jednaki udarni volumen (engl. *stroke volume*) kao lijeva klijetka.

### **2.3 Interventrikulska ovisnost**

Interventrikulska ovisnost je pojam koji se odnosi na koncept utjecaja veličine, oblika i popustljivosti jedne klijetke na veličinu, oblik i odnos tlaka i volumena druge klijetke kroz njihovu mehaničku interakciju (Haddad F et al. 2008). Anatomsku podlogu interventrikulske ovisnosti čine: (1) zajednički interventrikulski septum, (2) kontinuitet vlakana miokarda desne klijetke i lijeve klijetke te (3) činjenica da obje klijetke dijele zajedničku perikardijalnu šupljinu. Međuovisnost klijetki utječe na sistoličku i dijastoličku funkciju klijetki te igra važnu ulogu u patofiziologiji disfunkcije desne klijetke (Apostolakis S, Konstantinides S 2012). Eksperimentalne studije su pokazale da je 20-40% vrijednosti sistoličkog tlaka i udarnog volumena desne klijetke posljedica kontrakcije lijeve klijetke (Santamore WP, Dell'Italia LJ. 1998). Sistolička interventrikulska ovisnost najvećim je dijelom posredovana interventrikulskim septumom, dok za vrijeme dijastole značajnu ulogu ima i perikard (Haddad F et al. 2008). Tijekom normalnog sinusnog ritma, kontrakcija lijeve klijetke doprinosi porastu

sistoličkog tlaka u desnoj klijetci prijenosom napetosti na slobodnu stijenku desne klijetke i istovremenim stvaranjem povećanog lijevo-desnog transseptalnog tlaka koji podupire interventrikulski septum. Na taj način se povećava učinkovitost kontrakcije slobodne stijenke desne klijetke (Feneley MP, et al. 1985). U stanjima akutnog volumnog ili tlačnog preopterećenja desne klijetke, njezina dilatacija pomiče septum prema lijevoj klijetci što zbog ograničenja perikardom dovodi do smanjenja njezinog volumena. Posljedično, dolazi do smanjenja preloada i smanjene rastegljivosti lijeve klijetke, u manjoj mjeri uz povećanje dijastoličkog tlaka, što rezultira smanjenjem minutnog volumena. Obrnuto, volumno ili tlačno preopterećenje lijeve klijetke istim mehanizmom dovodi do disfunkcije desne klijetke (Haddad F, Hunt SA, Rosenthal DN et al. 2008).

### **3. ZATAJENJE DESNE KLIJETKE**

Zatajenje desne klijetke složen je klinički sindrom koji može nastati zbog strukturalnog ili funkcionalnog poremećaja koji dovodi do smanjenog punjenja desne klijetke ili njezine smanjene sposobnosti izbacivanja krvi (Haddad F et al. 2008). Iako postoje brojna stanja koja dovode do zatajenja desne klijetke, prema patofiziološkom mehanizmu mogu se svrstati u nekoliko skupina: (1) stanja koja dovode do volumnog preopterećenja, (2) stanja koja dovode do tlačnog preopterećenja, i (3) intrinzični uzroci zatajenja desne klijetke, najčešće posljedica infarkta desne klijetke (Kevin LG, Barnard M 2007).

S obzirom na veliku popustljivost (engl. *compliance*) desne klijetke, ona može primiti veliki volumen krvi bez veće promjene tlaka, dok znatno slabije podnosi tlačno preopterećenje (Guarracino F et al. 2005). Povećanje tlaka u plućnoj arteriji rezultira smanjenjem ejekcijske frakcije desne klijetke te padom udarnog i minutnog volumena. Kako bi održala adekvatan minutni volumen, desna klijetka povećanje *afterloada* kompenzira porastom kontraktilnosti. Tijekom akutnog tlačnog preopterećenja minutni volumen se najvećim dijelom održava povećanjem kontraktilnosti promjenom dinamike kalcijevih kanala. Kada povećanje kontraktilnosti više ne može kompenzirati porast tlaka u plućnoj arteriji, dolazi do porasta dijastoličkog tlaka desne klijetke koje u konačnici uzrokuje njenu dilataciju. U početku, kada je povećanje dijastoličkog tlaka klijetke unutar granica prilagodbe, kompenzatorni odgovor se uglavnom oslanja na Frank-Starlingov mehanizam. Kada

se i taj kompenzatorni mehanizam iscrpi, dolazi do iznenadnog i ireverzibilnog urušavanja kontraktilnosti desne klijetke (Greyson 2008).

Najčešći uzrok disfunkcije desne klijetke je kronično ljevostrano srčano zatajenje. Do disfunkcije desne klijetke dolazi sekundarno zbog plućne hipertenzije, interventrikulske međuovisnosti ili ishemije miokarda (Haddad F et al. 2008). Lijeva klijetka ne može izbaciti adekvatan volumen krvi u aortu te dolazi do povišenja njenog tlaka na kraju dijastole. Retrogradno tlak raste u plućnim venama te se prenosi na cijelu plućnu cirkulaciju što posljedično dovodi do tlačnog preopterećenja desne klijetke. Funkcija desne klijetke se pogoršava sukladno povišenju tlaka u plućnoj arteriji te kronično preopterećenje stimulira hipertrofiju miokarda desne klijetke što predstavlja kompenzatorni odgovor koji omogućuje desnoj klijetci obavljanje povećanog rada. Hipertrofija dovodi do nesrazmjera u potrošnji kisika u miokardu što uzrokuje njegovu ishemiju. Ovo uzrokuje smanjenje kontraktilnosti desne klijetke te dolazi do njezine dilatacije kako bi minutni volumen ostao očuvan. Kada se i taj kompenzatorni odgovor iscrpi, smanjuje se minutni volumen, a uslijed dilatacije desne klijetke i anulusa trikuspidne valvule nastaje trikuspidna regurgitacija pri čemu raste sustavni venski tlak što dovodi do kongestije trbušnih organa i njihove disfunkcije (Hines R 1991).

#### **4. LVAD I DESNA KLIJETKA**

Nakon implantacije LVAD-a povećava se venski priljev u desnu klijetku te ona radi pod većim volumnim opterećenjem i mora povećati svoj udarni volumen kako bi mogla pratiti porast minutnog volumena na arterijskoj strani sustavnog krvotoka. Da bi to bilo moguće, tlačno opterećenje desne klijetke mora se smanjiti. Do pada tlaka u plućnoj cirkulaciji dolazi uslijed rasterećenja lijeve klijetke ugradnjom LVAD-a (Argiriou M et al. 2014). Jedan od glavnih praktičnih problema je uspješno izbalansirati povećano volumno opterećenje desne klijetke sa smanjenjem tlaka u plućnoj cirkulaciji kako bi se omogućilo adekvatno punjenje LVAD-a i održala normalna perfuzija tkiva (Puhlman M 2012). U mnogih bolesnika u postimplantacijskom razdoblju dolazi do poboljšanja funkcije desne klijetke upravo zbog tlačnog rasterećenja uslijed smanjenja tlaka u plućnoj arteriji. Ipak, kompleksne hemodinamske promjene nakon implantacije LVAD-a mogu negativno utjecati na funkciju desne klijetke. Tako dekompresija lijeve klijetke može uzrokovati pomak

septuma ulijevo što interferira s normalnom mehanikom desne klijetke (Grant AD et al. 2012). Zbog povećanja venskog priljeva raste dijastolički tlak u desnoj klijetci što dovodi do njezine distenzije. Povećani tlak može smanjiti perfuziju miokarda desne klijetke uz istovremeno povećanje njezinog zahtjeva za kisikom (Puhlman M 2012).

Međutim određeni broj bolesnika kojima se ugrađuje LVAD ima preegzistirajuću i neprepoznatu disfunkciju desne klijetke. Takva oštećena klijetka može normalno funkcionirati u uvjetima niskog *outputa* lijeve klijetke, ali uz povećanje radnog opterećenja zbog povećanog *outputa* na arterijskoj strani sustavnog krvotoka nakon ugradnje LVAD-a, njezina disfunkcija postaje manifestna (Lam KM et al. 2009).

Etiologija zatajenja desne klijetke nakon ugradnje LVAD-a je često multifaktorijalna i uključuje disfunkciju miokarda desne klijetke, lijevostrano pomicanje interventrikulskog septuma i neadekvatno volumno opterećenje desne klijetke (Morgan JA et al. 2013). U recentnijim studijama, u bolesnika kojima je ugrađen LVAD s kontinuiranim protokom, incidencija desnostranog zatajenja kreće se između 20 i 40% (Patlolla B, Beygui R, Haddad F 2013). Usprkos navedenom, pojavu klinički značajne disfunkcije desne klijetke nakon implantacije LVAD-a je teško predvidjeti (Kavarana MN et al. 2002). Kako bi se standardizirali rezultati postimplantacijskog ishoda između različitih centara, INTERMACS registar (engl. *Interagency Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support*) je uveo definiciju desnostranog zatajenja nakon implantacije LVAD-a. Prema toj definiciji, dijagnoza zatajenja desne klijetke nakon ugradnje LVAD-a postavlja se na temelju triju kriterija: (1) dokazana disfunkcija desne klijetke uz minutni volumen (CO, engl. *cardiac output*) manji od 2.2L/min/m<sup>2</sup> i centralni venski tlak (CVP, engl. *central venous pressure*) iznad 18 mmHg, (2) postojanje potrebe za postoperativnom intravenskom inotropnom potporom duljom od 14 dana, za primjenu dušikova oksida dulje od 48 sati, za dodatnom ugradnjom RVAD-a ili otpust bolesnika iz bolnice na inotropnoj potpori i (3) uz odsustvo drugih uzroka zatajenja krvotoka (Patlolla B, Beygui R, Haddad F 2013). Analizom studija o zatajenju desne klijetke nakon ugradnje LVAD-a, izdvojeni su preimplantacijski čimbenici rizika za desnostrano zatajenje u postoperativnom razdoblju:

- 1) vrsta indikacije za ugradnju LVAD-a, pri čemu je veći rizik u bolesnika kojima se LVAD ugrađuje kao „destination therapy“ u odnosu na „bridge to transplant“ ili „bridge to recovery“;
- 2) bolesnici ženskog spola;

- 3) postojanje preoperativnog cirkulacijskog zatajenja koje je uzrokovalo arrest ili zahtjeva intravensku primjenu vazopresora, odnosno ugradnju intraaortalne balonske crpke;
- 4) zatajivanje drugih organa: preoperativna potreba za ventilacijskom potporom, disfunkcija jetre (AST  $\geq$  80 IU/L, bilirubin  $\geq$  2.0 mg/dL tj.  $\geq$  34 mmol/L), bubrežno zatajenje (serumski kreatinin  $\geq$  200 $\mu$ g/L ili potreba za dijalizom), malnutricija (BUN  $\geq$  48 mg/dL tj. 17 mmol/L, albumini  $\leq$  30 g/L), poremećaj koagulacije, leukociti  $\geq$  12,2 x 10<sup>9</sup>/L, trombociti  $\leq$  120 x 10<sup>9</sup>/L, povišeni neopterin, prokalcitonin, endotelin-1 i CRP;
- 5) izrazita sistolička disfunkcija desne klijetke (RVEF <30%, RVEDD >35mm, promjer desnog atrija >50mm);
- 6) prisutnost sljedećih hemodinamskih parametara: CVP  $\geq$ 15 mmHg ili CVP/PCWP  $\geq$ 0,63, RVSWI <300 mmHg/mL/m<sup>2</sup> (<4.1 g/m<sup>2</sup>/otkucaj), nizak PAP, nizak srčani indeks, nizak srednji arterijski tlak (MAP), visoka PVR
- 7) ostali čimbenici rizika: neishemijska kardiomiopatija, reoperacija, teška trikuspidna regurgitacija prije operacije, preimplantacijska duboka venska tromboza i/ili plućna embolija.

Predloženi su i optimalni preoperativni hemodinamski parametri desne klijetke koji su indikativni za niži rizik od razvoja desnostranog zatajenja nakon ugradnje LVAD-a: (1) CVP  $\leq$ 8 mmHg, (2) PCWP  $\leq$ 18 mmHg, (3) CVP/PCWP  $\leq$ 0,66, (4) PVR <2 Woodove jedinice i (5) RVSWI  $\geq$ 400 mmHg . mL/m<sup>2</sup> (>5.4 g/m<sup>2</sup>/otkucaj) (Argiriou M et al. 2014).

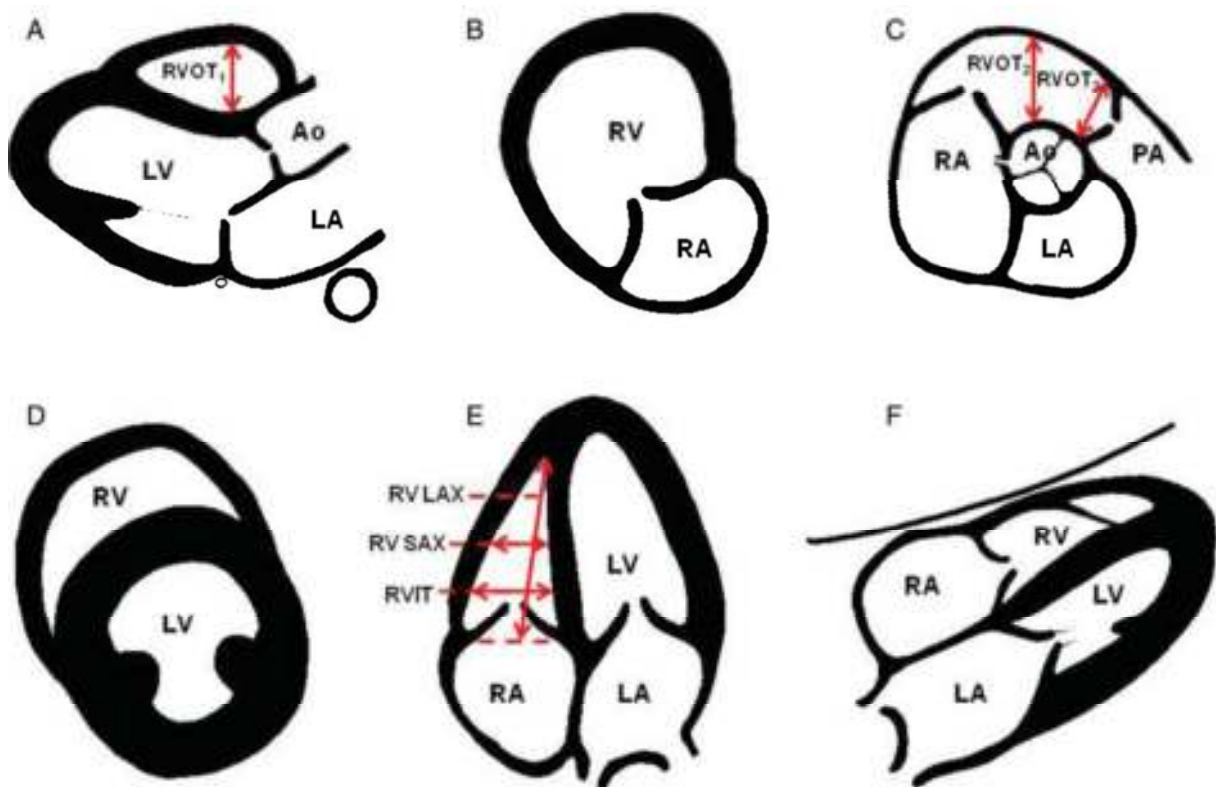
## **5. PARAMETRI ZA PROCJENU FUNKCIJE DESNE KLIJETKE**

Procjena strukture i funkcije desne klijetke u bolesnika s kardiopulmonalnom patologijom ključna je komponenta u njihovom kliničkom zbrinjavanju. Iako su metode prikazivanja srca znatno poboljšane, procjena funkcije desne klijetke i dalje predstavlja velik klinički izazov iz nekoliko razloga: (1) složena geometrija desne klijetke, (2) teško definiranje endokardijalne površine zbog izrazito trabekuliranog miokarda, (3) retrosternalni položaj koji ograničava ehokardiografske prozore i (4) značajna ovisnost pokazatelja funkcije desne klijetke o volumnom opterećenju (Haddad F et al. 2008).



## 5.1 Ehokardiografija i Doppler

U kliničkoj praksi ehokardiografija i dalje ostaje najraširenija metoda prikaza srca zbog široke dostupnosti. Procjena funkcije i strukture desne klijetke uključuje evaluaciju njezinog oblika, veličine, volumena i debljine stijenke, evaluaciju devijacije septuma, dilatacije desne pretklijetke i klijetke, pulmonalne arterije i njezinih grana, donje šuplje vene i prstena trikuspidnog zalistka te procjenu stupnja trikuspidne regurgitacije (Argiriou M 2014).



Slika 1. Grafički prikaz ehokardiografskih projekcija u procjeni desne klijetke. (A) prikaz u parasternalnoj dugoj osi (engl. *parasternal long-axis view*); (B) prikaz ulaznog trakta u dugoj osi (engl. *long-axis view of the inflow tract*); (C) prikaz baze srca u parasternalnoj kratkoj osi (engl. *parasternal short-axis view at the base of the heart*); (D) prikaz u parasternalnoj kratkoj osi na razini papilarnih mišića (engl. *parasternal short-axis view at the level of the papillary muscles*); (E) prikaz apikalne četiri šupljine (engl. *apical four-chamber view*); (F) subkostalni prikaz (engl. *subcostal view*). Legenda: Ao, aorta; LA, lijeva pretklijetka; LV, lijeva klijetka; PA, plućna arterija; RA, desna pretklijetka; RV, desna klijetka; RVIT, ulazni trakt desne klijetke; RV LAX, duga os desne klijetke; RV SAX, kratka os desne klijetke; RVOT, izlazni trakt desne klijetke. Prema: Jurcut et al. (2010).

Promjena oblika i veličine desne klijetke može biti prvi znak njezine disfunkcije, odnosno volumnog ili tlačnog preopterećenja ili aritmogene displazije (Haddad F 2008). S obzirom na interventrikulsku ovisnost, promjene oblika desne klijetke mogu se opisati indeksom ekscentričnosti lijeve klijetke (engl. *left ventricular eccentricity index*, Ecclx) koji se definira kao omjer anteroposteriornog i septolateralnog promjera lijeve klijetke, a može se mjeriti u sistoli i u dijastoli. U normalnom srcu Ecclx približno ima vrijednost 1 i u sistoli i u dijastoli. Ecclx >1 na kraju dijastole tipičan je za volumno preopterećenje, dok je Ecclx >1 u sistoli i dijastoli indikativan za tlačno preopterećenje desne klijetke (Jurcut R et al. 2010).

U kvalitativnoj evaluaciji, veličina desne klijetke se uspoređuje s veličinom lijeve klijetke, odnosno mogu se odrediti završni sistolički i dijastolički promjer desne klijetke (RVESD i RVEDD). U parasternalnoj dugoj osi (*parasternal long axis*) i apikalne četiri šupljine (*apical four chamber view*), normalna veličina desne klijetke iznosi otprilike dvije trećine veličine lijeve klijetke. Ukoliko se desna klijetka čini većom od lijeve, postoji vjerojatnost da je desna klijetka dilatirana, no potrebna je potvrda nalaza iz drugih projekcija kako bi se izbjegli lažno pozitivni rezultati. Ako se i u projekciji kratke osi (*short axis*) i u subkostalnoj projekciji nađe desna klijetka koja je veća od lijeve, s velikom vjerojatnošću se može tvrditi da postoji dilatacija desne klijetke. Problem kod ovakve procjene predstavlja velika varijabilnost nalaza tj. podložnost razlikama u interpretaciji među liječnicima koji izvode ehokardiografiju. Predložena je široka lepeza ehokardiografskih tehnika, ali se nijedna još ne smatra „zlatnim standardom“. Iako segment desne klijetke koji se prikazuje u projekciji parasternalne duge osi nije niti pravi izgonski trakt desne klijetke (RVOT), niti pravi ulazni trakt (RVIT), određivanje promjera desne klijetke u ovoj projekciji okomito na septum se pokazalo pouzdanije i manje varijabilno u odnosu na promjer RVOT izmjeren u projekciji kratke parasternalne osi. U apikalnom prikazu četiri šupljine mogu se mjeriti promjeri duge i kratke osi te se mogu odrediti završna dijastolička i sistolička površina desne klijetke (Bleeker GB et al. 2006).

Zbog ovisnosti mnogih pokazatelja funkcije desne klijetke o volumnom opterećenju i teškoća u analiziranju tlačno-volumnih krivulja (engl. *pressure-volume loop*), procjena funkcije desne klijetke je vrlo zahtjevna. Idealni pokazatelj kontraktilnosti desne klijetke trebao bi biti neovisan o volumnom i tlačnom preopterećenju, osjetljiv na promjene u inotropiji, neovisan o masi i veličini srca te jednostavan i siguran za primjenu. Iako je široko prihvaćen u kliničkoj praksi,

najčešće korišteni pokazatelj kontraktilnosti desne klijetke, RVEF je vrlo osjetljiv na promjene u volumnom opterećenju te ponekad ne odražava pravo stanje kontraktilnosti desne klijetke. Jer je šupljina desne klijetke u normalnim uvjetima veća od šupljine lijeve klijetke, RVEF je normalno manji od LVEF i varira između 40% i 76%, ovisno o metodi procjene. Najtočnija metoda mjerenja RVEF je magnetska rezonancija, a točnija mjerenja od ehokardiografskih daju i radionuklidne metode kao što su „metoda prvog prolaza“ i „metoda ekvilibrija“. Simpsonova metoda procjene RVEF dvodimenzionalnim ultrazvukom pokazala je umjerenu korelaciju s vrijednostima RVEF izmjerenima magnetskom rezonancijom i radionuklidnim metodama (Haddad F et al. 2008).

Za procjenu sistoličke funkcije desne klijetke, razvijeni su surogatni parametri koji su uspoređivani s mjerenjima ejakcijske frakcije određene pomoću magnetske rezonancije koja se pokazala najpreciznijom metodom. RVFAC (engl. *RV fractional area change*) je surogatna mjera ejakcijske frakcije desne klijetke i izražava se kao postotak promjene površine desne klijetke od kraja dijastole do kraja sistole. U usporedbi s drugim mjerama, uključujući TAPSE i poprečno frakcijsko skraćanje (engl. *transverse fractional shortening*), pokazalo se da RVFAC najbolje korelira s vrijednostima RVEF izmjerenima magnetskom rezonancijom. Glavno ograničenje RVFAC je potreba za preciznim određivanjem endokardijalnih granica, što može biti otežano kod izrazito trabekulirane desne klijetke (Horton KD, Meece RW, Hill JC 2009).

Mjerenje TAPSE, odnosno sistoličkog pomaka lateralnog dijela trikuspidnog prstena prema apeksu, pokazalo se korisnim u procjeni sistoličke funkcije desne klijetke, preciznije njezine longitudinalne funkcije. Radionuklidnom angiografijom je potvrđena jaka korelacija između TAPSE i ejakcijske frakcije desne klijetke te se TAPSE smatra značajnim prediktorom prognoze u bolesnika sa srčanim zatajenjem (Bleeker GB et al. 2006). Normalne vrijednosti TAPSE su 15-20 mm. TAPSE <15 mm je povezan s lošijom prognozom. Unatoč svojoj jednostavnosti, TAPSE ima nedostatke, jer opisuje longitudinalnu funkciju slobodne stijenke desne klijetke, ne uzimajući u obzir doprinos septuma i RVOT (Lang RM et al. 2006).

Pokazatelj miokardnog učinka ili Tei indeks (MPI, engl. *myocardial performance index*) je indeks izveden iz doplerske analize i pokazatelj je globalne kontraktilne funkcije desne klijetke koji je relativno neovisan o *preloadu*, *afterloadu* i frekvenciji srca, te se pokazao korisnim u evaluaciji bolesnika sa kongenitalnim bolestima srca i plućnom hipertenzijom (Haddad F et al. 2008). Računa se kao omjer zbroja trajanja izovolumnog perioda i trajanja ejskcije desne klijetke i pokazano je da dobro korelira sa vrijednosti RVEF izmjerenom radionuklidnim metodama. Normalna vrijednost MPI je  $0,28 \pm 0,04$ , a kod patoloških stanja povezanih s disfunkcijom desne klijetke vrijednost tog omjera raste.

Izovolumno vrijeme relaksacije miokarda (IVA, engl. *myocardial isovolumic acceleration time*) je indeks također izveden iz dopplerske analize koji bolje odražava kontraktilnu funkciju desne klijetke i manje je ovisan o uvjetima volumnog opterećenja od dP/dt omjera za koji se u brojnim studijama pokazalo da je vrlo ovisan o volumnom opterećenju i stoga nepouzdan pokazatelj kontraktilne funkcije desne klijetke. IVA se računa se kao omjer maksimalne sistoličke brzine i vremena u kojem se ta maksimalna brzina postiže. Studije su pokazale da IVA dobro korelira sa RVEF mjenom magnetskom rezonancijom, a specifičnost i osjetljivost iznose 90% (Jurcut R et al. 2010).

Maksimalna ventrikularna elastancija se u brojnim studijama pokazala najboljim pokazateljem kontraktilnosti miokarda desne klijetke, ali zbog invazivnosti i dugotrajnosti postupka mjerenja ne koristi se kao rutinska pretraga (Haddad F et al. 2008).

Tkivni Doppler (TDI, engl. *tissue Doppler imaging*) omogućuje kvantitativnu procjenu sistoličke i dijastoličke funkcije desne klijetke mjerenjem brzina pomaka miokarda na tri razine slobodne stijenke desne klijetke: (1) na bazi, (2) u sredini i (3) na apeksu. Osim toga, iz TDI-a su izvedeni parametri deformacije miokarda koji su se pokazali korisnima u procjeni globalne i regionalne funkcije. Deformacija (engl. *strain*) i brzina deformacije (engl. *strain rate*) miokarda predstavljaju relativno novije parametre funkcije miokarda izvedene iz dopplerske analize. Deformacija se odnosi na deformaciju objekta (miokarda) u odnosu na početni oblik, a izražava se kao postotak. Dogovorno, skraćivanje (i stanjivanje) ima negativnu vrijednost, a produljenje (i zadebljavanje) pozitivnu. Tijekom sistole, naprezanje ima negativnu vrijednost za longitudinalno skraćivanje i pozitivnu za radijalno zadebljavanje te je pokazano da dobro korelira sa regionalnom EF. Brzina deformacije dobro korelira sa

regionalnim parametrima kontraktilnosti i nije pretjerano ovisna o uvjetima volumnog opterećenja desne klijetke.

U uvjetima preopterećenja desna klijetka gubi svoj polumjesečasti izgled, septum se izravnavava, a lijeva klijetka poprima oblik slova „D“ što rezultira smanjenjem punjenja lijeve klijetke i smanjenjem minutnog volumena. Kada je desna klijetka pod volumnim opterećenjem, izravnanje septuma se uočava samo u dijastoli dok je za vrijeme sistole u normalnom položaju. S duge strane, u uvjetima tlačnog preopterećenja desne klijetke, u početku samo u sistoli dolazi do pomaka septuma prema desnoj klijetci, a kasnije s pogoršanjem tlačnog opterećenja, septum ostaje u tom položaju tijekom cijelog srčanog ciklusa te dolazi do hipertrofije desne klijetke. Maksimalna debljina slobodne stijenke desne klijetke iznosi 5 mm, a sve više od toga smatra se hipertrofijom. Kada je desna klijetka pod tlačnim preopterećenjem snižene su vrijednosti TAPSE, a IVRT (engl. *isovolumic relaxation time*) je produžen, dok se u uvjetima volumnog preopterećenja zapaža obratno. Desna klijetka očuvane kontraktilnosti pri normalnom volumnom opterećenju nema mjerljiv IVRT jer iza sistole odmah slijedi faza ranog punjenja. Povećanje tlaka u desnoj klijetci dovodi do prolongacije IVRT pa se njegovo mjerenje može koristiti i u procjeni sistoličkog tlaka u plućnoj arteriji (Jurcut R et al. 2010).

Tablica 1 : RVEF, e젝cijska frakcija desne klijetke; RVFAC, promjena frakcijske areje desne klijetke ; TAPSE, amplituda sistoličke pokretljivosti trikuspidalnog prstena; RVMPI, indeks učinkovitosti desne klijetke; IVA, izovolumno vrijeme relaksacije miokarda ;. Prema: Haddad F et al. (2008).

Odabrani pokazatelji kontraktilnosti desne klijetke		
Funkcionalni parametri	Normalna vrijednost	Ovisnost o volumnom opterećenju
RVEF, %	61±7%, >40-45%	+++
RVFAC, %	>32%	+++
TAPSE, mm	>15	+++
RVMPI	0,28±0,04	++
Deformacija	bazalno: 19±6 sredina: 27±6 apikalno: 32±6	+++
Brzina deformacije, s <sup>-1</sup>	bazalno: 1,50±0,41 sredina: 1,72±0,27 apikalno: 2,04±0,41	++
dp/dt max, mmHg/s	100-250	++
IVA, m <sup>2</sup> /s	1,4±0,5	+
Maksimalna elastancija, mmHg/ml	1,30±0,84	+

## 5.2 Hemodinamski parametri

Od hemodinamskih parametara za procjenu funkcije desne klijetke, visoki CVP i visoki CVP/PCWP omjer, smanjeni srčani indeks, niski RVSWI (eng. *right ventricular stroke work index*) i visoka plućna vaskularna rezistencija (PVR) su u nekoliko studija identificirani kao potencijalni čimbenici rizika od desnostranog zatajenja nakon ugradnje LVAD, ali nijedan faktor zasebno nije bio konzistentan prediktor (Patlolla B et al. 2013). U studiji Ochiaija i sur. u kojoj su retrospektivno analizirani podatci 245 bolesnika s ugrađenim LVAD-om, bolesnici su bili podijeljeni u dvije grupe: na one kojima je uz LVAD zbog desnostranog zatajenja ugrađen i RVAD te oni koji nisu imali potrebu za ugradnjom RVAD. Značajne razlike između dviju grupa su nađene za vrijednosti srednjeg tlaka plućne arterije (MPAP), dijastoličkog tlaka plućne arterije

(PADP), RWSV i RVSWI, koje su u grupi bolesnika s RVAD bile znatno niže od grupe bolesnika bez RVAD. Nisu pronađene značajne razlike za vrijednosti srčanog indeksa (CI), tlaka u lijevom atriju (LAP), tlaka u desnom atriju (RAP), sistoličkog tlaka plućne arterije (PASP), plućne vaskularne rezistencije (PVR) i indeksa plućne vaskularne rezistencije (PVRI) (Ochiai Y et al. 2002).

### 5.3 Laboratorijski parametri

Nekoliko studija je potvrdilo veću incidenciju desnostranog zatajenja nakon ugradnje LVAD u bolesnika s oštećenjem funkcije jetre (visoki bilirubin ili AST) ili bubrega (povišeni serumski kreatinin) i u bolesnika s poremećajima koagulacije. Poremećaj ovih parametara nastaje kao posljedica kongestije jetre i bubrega uslijed povišenog CVP uzrokovanog zatajenjem desne klijetke (Patlolla B et al. 2013).

Nedavne studije su pokazale da je i serumska razina proBNP-a korisna u dijagnosticiranju zatajenja desne klijetke u bolesnika s plućnom hipertenzijom i kongenitalnim bolestima srca. Kod plućne arterijske hipertenzije, vrijednosti proBNP >180 pg/mL bile su povezane sa lošijim preživljenjem (Haddad F et al. 2008).

### 5.4 Ljestvice za procjenu rizika od desnostranog popuštanja srca

Brojni autori su predložili razne ljestvice za procjenu rizika desnostranog zatajenja nakon ugradnje LVAD, no većina nije validirana u prospektivnim studijama.

Fitzpatrick i sur. su na populaciji od 266 bolesnika s ugrađenim LVAD kao čimbenike rizika izdvojili:  $CI \leq 2.2 \text{ L/min/m}^2$  (18 bodova),  $RWSWI \leq 250 \text{ mmHg} \cdot \text{mL/m}^2$  ( $\leq 3.4 \text{ g/m}^2/\text{otkucaj}$ ) (18 bodova), kreatinin  $\geq 1.9 \text{ mg/dL}$  ( $\geq 168 \text{ } \mu\text{mol/L}$ ) (17 bodova), raniji operacijski zahvat na srcu (16 bodova), izrazita disfunkcija desne klijetke prema prijeoperacijskom UZV srca (16 bodova) i sistolički krvni tlak  $\leq 96 \text{ mmHg}$  (13 bodova), te su razvili formulu za izačunavanje rizika prema kojoj su bolesnici s ukupnim zbrojem većim od 50 bodova bili skloniji potrebi za ugradnjom BiVAD-a. Osjetljivost ovog bodovnog sustava je 83%, a specifičnost 80%.

2010. su Drakos i sur. u retrospektivnoj studiji u koju je bilo uključeno 175 bolesnika s ugrađenim LVAD-om kao čimbenike rizika identificirali uporabu intraaortalne balonske crpke (4 boda), PVR (1-4 boda), ovisnost o inotropnoj potpori (2.5 boda), pretilost (2 boda), uporabu ACEI ili ARB (2.5 boda) i  $\beta$ -blokatora (2 boda) te *destination therapy* kao indikaciju za ugradnju LVAD (3.5 boda) (Argiriou M 2014).

Matthews i sur. su 2008. objavili rezultate prospektivne studije na populaciji od 197 bolesnika kojima je ugrađen LVAD. Svi klinički, ehokardiografski, laboratorijski i

hemodinamski parametri koji su bili značajni u univarijatnoj analizi podvrgnuti su multivarijatnoj analizi te su izdvojeni kao neovisni prediktori postimplantacijskog desnostranog zatajenja i svakom je za potrebe izračunavanja ukupnog rizika od zatajenja desne klijetke (RVFR score, engl. *right ventricular failure risk score*), dodijeljen određeni broj bodova prema utjecaju na zatajenje: potreba za vazopresorima (4 boda), kreatinin  $\geq 2.3$  mg/dl ( $\geq 203$   $\mu\text{mol/L}$ ) ili potreba za dijalizom (3 boda), bilirubin  $\geq 2$  mg/dl ( $\geq 34$  mmol/L) (2.5 boda) i AST  $\geq 80$  IU/L (2 boda). Prednost RVFRS je u tome što su sve varijable lako dostupne prijeoperacijskom kliničkom i laboratorijskom dijagnostikom te imaju visoku negativnu prediktivnu vrijednost za desnostrano zatajenje nakon ugradnje LVAD (Matthews JC et al. 2008).



## 6. ZAKLJUČAK

Zatajenje desne klijetke nakon ugradnje LVAD-a značajan je uzrok morbiditeta i mortaliteta, te probir bolesnika s povećanim rizikom od zatajenja predstavlja važan praktični izazov i predmetom je brojnih istraživanja. Većina istraživanja zatajenje desne klijetke nakon implantacije LVAD-a bila je fokusirana na hemodinamske prediktore zatajenja, dok su rjeđe one koje su uključile parametre slikovnih prikaza veličine i funkcije desne klijetke.

Parametri koji su pokazatelji posljedica disfunkcije desne klijetke mogu također biti vrlo korisni u procjeni rizika od postoperacijskog zatajenja. Za nekoliko preoperativnih hemodinamskih i laboratorijskih parametara (smanjenje RSWI-a i PAP-a; porast RAP-a, AST, bilirubina i kreatinina) pokazana je snažna povezanost s povećanim rizikom od postimplantacijskog desnostranog zatajenja. Porast *afterloada* i *preloada* desne klijetke te smanjenje njene kontraktilnosti odražava se u hemodinamskim parametrima, dok je poremećaj jetrenih i bubrežnih laboratorijskih parametara odraz kongestije i hipoperfuzije ovih organa u pacijenata sa zatajenjem desne klijetke.

Kako bi se smanjio rizik od ove komplikacije koja bitno utječe na klinički ishod bolesnika liječenih ugradnjom ovih uređaja ključno je već u prijeoperativnom razdoblju optimizirati *preload*, kontraktilnost i *afterload*.

Mnogi autori su predložili različite bodovne sustave za procjenu rizika od postimplantacijskog zatajenja desne klijetke, ali većina predloženih ljestvica rizika nije validirana u prospektivnim studijama. Također, varijable ili kombinacije varijabli koje su izdvojene kao značajni čimbenici rizika zatajenja desne klijetke nisu se pokazale konzistentnim u svim studijama.

Kako bi u budućnosti povećali našu preciznost u probiru bolesnika sa značajnim rizikom od popuštanja desne klijetke nakon ugradnje uređaja za mehaničku cirkulacijsku potporu lijevoj klijetci, potreban je univerzalni sustav koji bi objedinio lako dostupne kliničke, hemodinamske, slikovne i laboratorijske parametre, a za što su nam potrebne nove studije.

## **7. ZAHVALE**

Zahvaljujem se mentoru dr. sc. Bošku Skoriću na savjetima, pomoći i strpljenju tijekom pisanja ovog rada. Hvala i mojoj obitelji i prijateljima na podršci i razumijevanju.

## 8. LITERATURA

1. Apostolakis S, Konstantinides S (2012) The Right Ventricle in Health and Disease: Insights into Physiology, Pathophysiology and Diagnostic Management, *Cardiology* 2012;121:263–273
2. Argiriou M, Kolokotron SM, Sakellaridis T, Argiriou O, Charitos C, Zarogoulidis P, Katsikogiannis N, Kougioumtzi I, Machairiotis N, Tsiouda T, Tsakiridis K, Zarogoulidis K (2014) Right heart failure post left ventricular assist device implantation, *J Thorac Dis* 2014;6(S1):S52-S59
3. Bleeker GB, Steendijk P, Holman ER, Yu CM, Breithardt OA, Kaandorp TM, Schalij MJ, Van der Wall EE, Nihoyannopoulos P, Bax JJ (2006) Assessing right ventricular function: the role of echocardiography and complementary technologies, *Heart* 2006;92(Suppl I):i19–i26.
4. Carrelà T, Englberger L, Martinelli MV, Takala J, Boesch C, Sigurdardottir V, Gygax E, Kadner A, Mohacsi P (2012) Continuous flow left ventricular assist devices: a valid option for heart failure patients *Swiss Med Wkly.* 2012;142:w13701
5. Feneley MP, Gavaghan TP, Baron DW, Branson JA, Roy PR, Morgan JJ (1985) Contribution of left ventricular contraction to the generation of right ventricular systolic pressure in the human heart, *Circulation* 1985;71:473-480
6. Grant AD, Smedira NG, Starling RC, Marwick TH (2012) Independent and Incremental Role of Quantitative Right Ventricular Evaluation for the Prediction of Right Ventricular Failure After Left Ventricular Assist Device Implantation, *J Am Coll Cardiol* 2012;60:521–8
7. Greyson CR (2008) Pathophysiology of right ventricular failure, *Crit Care Med* 2008 Vol. 36, No. 1 (Suppl.)
8. Guarracino F, Cariello C, Danella A, Doroni L, Lapolla F, Vullo C, Pasquini C, Stefani M (2005) Right ventricular failure: physiology and assessment, *Minerva Anesthesiol.* 2005; 71: 307-12
9. Guyton AC, Hall JE (2006), *Medicinska fiziologija udžbenik*, Zagreb, Medicinska naklada, str. 108.
10. Haddad F, Doyle R, Murphy DJ, Hunt SA (2008) Right Ventricular Function in Cardiovascular Disease, Part II: Pathophysiology, Clinical Importance, and Management of Right Ventricular Failure *Circulation.* 2008;117:1717-173

11. Haddad F, Hunt SA, Rosenthal DN, Murphy DJ (2008) Right Ventricular Function in Cardiovascular Disease, Part I: Anatomy, Physiology, Aging, and Functional Assessment of the Right Ventricle, *Circulation*. 2008;117:1436-1448
12. Hines R (1991) Right Ventricular Function and Failure: A Review, *The Yale Journal Of Biology And Medicine* 64 (1991), 295-307
13. Horton KD, Meece RW, Hill JC (2009) Assessment of the Right Ventricle by Echocardiography: A Primer for Cardiac Sonographers, *J Am Soc Echocardiogr* 2009;22:776-792.
14. Jurcut R, Giusca S, La Gerche A, Vasile S, Ginhina C, Voigt JU (2010) The echocardiographic assessment of the right ventricle: what to do in 2010?, *European Journal of Echocardiology* (2010) 11, 81-96
15. Kavarana MN, Pessin-Minsley MS, Urtecho J, Catanese KA, Flannery M, Oz MC, Naka Y (2002) Right Ventricular Dysfunction and Organ Failure in Left Ventricular Assist Device Recipients: A Continuing Problem, *Ann Thorac Surg* 2002;73: 745– 50
16. Kevin LG, Barnard M (2007) Right ventricular failure, *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain j* Volume 7 Number 3 2007
17. Lam KM, Ennis S, O'Driscoll G, Solis JM, MacGillivray T, Picard MH (2009) Observations From Non-Invasive Measures of Right Heart Hemodynamics in Left Ventricular Assist Device Patients, *J Am Soc Echocardiogr* 2009;22:1055-62
18. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, Picard MH, Roman MJ, Seward J, Shanewise J, Solomon S, Spencer KT, Sutton MJ, Stewart W (2006) Recommendations for chamber quantification, *Eur J Echocardiography* (2006) 7, 79e108
19. Matthews JC, Coeling TM, Pagani FD, Aaronson KD (2008) The right ventricular failure risk score: A pre-operative tool for assessing the risk of right ventricular failure in left ventricular assist device candidates, *J Am Coll Cardiol* 2008 June 3; 51(22): 2163-2172.
20. Morgan JA, Paone G, Nemeh HW, Murthy R, Williams CT, Lanfear DE, Tita C, Brewer RJ (2013) Impact of continuous-flow left ventricular assist device support on right ventricular function, *J Heart Lung Transplant* 2013;32:398–403

21. Ochiai Y, McCarthy PM, Smedira NG, Banbury MK, Navia JL, Feng J, Hsu AP, Yeager ML, Buda T, Hoercher KJ, Howard MW, Takagaki M, Doi K, Fukamachi K (2002) Predictors of Severe Right Ventricular Failure After Implantable Left Ventricular Assist Device Insertion: Analysis of 245 Patients, *Circulation*. 2002;106:1- 198-1-202
22. Patlolla B, Beygui R, Haddad F (2013) Right-ventricular failure following left ventricle assist device implantation, *Curr Opin Cardiol* 2013, 28:223–233
23. Puhlman M (2012) Continuous-Flow Left Ventricular Assist Device and the Right Ventricle, *AACN Advanced Critical Care* 2012; 23:86-90
24. Rogers JG, Butler J, Lansman SL, Gass A, Portner PM, Pasque MK, Piersonet RN (2007) Chronic mechanical circulatory support for intropo-dependent heart failure patients who are not transplant candidates: results of the INTrEPID Trial (2007). *J Am Coll Cardiol*. 2007;50:741–7
25. Santamore WP1, Dell'Italia LJ. (1998) Ventricular interdependence: significant left ventricular contributions to right ventricular systolic function, *Prog Cardiovasc Dis*. 1998 Jan-Feb;40(4):289-308
26. Vrhovac B, Jakšić B, Reiner Ž, Vucelić B (2008) *Interna medicina*, Zagreb, Naklada Ljevak, str. 459.
27. Wilson SR, Mudge GH, Stewart GC, Givertz MM (2009) Evaluation for ventricular assist device: Selecting the appropriate candidate, *Circulation* 2009;119:2225-2232

## ŽIVOTOPIS

### OSOBNI PODACI:

Ime i prezime: Jelena Forgač

Adresa: Josipa Zorića 27, 10370 Dugo Selo

Telefon: 01 2755 200

Mobilni telefon: 098 928 8710

E-mail: jelena.forgac@gmail.com

Datum i mjesto rođenja: 15.05.1989., Zagreb

### OBRAZOVANJE:

2008. - 2014. Medicinski fakultet u Zagrebu

2012. - danas Specijalizirana škola za njemački jezik Francetić

2004. - 2008. V Gimnazija, Zagreb

2004. - 2008. Škola stranih jezika Vodnikova (pohađala tečaj engleskog jezika, stupanj C1)

1996. - 2004. OŠ Dugo Selo

### POZNAVANJE JEZIKA:

engleski jezik, aktivno u govoru i pismu

njemački jezik, aktivno u govoru i pismu

španjolski jezik, pasivno

### ZNANJA I VJEŠTINE:

MS Office, BLS

2012. tečaj kirurškog šivanja u organizaciji CroMSIC-a

2011. prošla edukaciju za KPR+AVD u organizaciji StEPP-a

### PROJEKTI:

2012.- 2013. godine sudjelovala u izradi rada na Koronarnoj jedinici KBC-a Zagreb

od 2011. sam članica CroMSIC-a te sam sudjelovala u nekoliko projekata

### OSTALO:

2012. - 2014. Demonstratorica na katedri „Klinička propedeutika“