

MINUTNI VOLUMEN SRCA NAKON REVASKULARIZACIJE MIOKARDA BEZ UPOTREBE KARDIOPULMONALNOG BAJPASA

CARDIAC OUTPUT AFTER REVASCULARIZATION OF MYOCARDIUM WITHOUT THE USE OF CARDIOPULMONARY BYPASS

Suad KERANOVIĆ¹, Farid LJUCA², Jasmin ČALUK¹

¹Klinika za kardiovaskularne bolesti, Univerzitetski klinički centar Tuzla

²Zavod za fiziologiju, Medicinski fakultet, Univerzitet u Tuzli, 75000 Tuzla,
Bosna i Hercegovina

APSTRAKT

Uvod: Minutni volumen srca je količina krvi koja se tokom jednog minuta pumpa iz lijevog ventrikula u sistemsku cirkulaciju, odnosno proizvod udarnog volumena srca i srčane frekvence. Koronarna bolest srca nastaje kao posljedica smanjenog priliva krvi u srčani mišić zbog djelimične ili potpune opstrukcije koronarnih arterija, izazvane aterosklerozom ili koronarnom trombozom. Hirurška revaskularizacija miokarda se vrši sa i bez upotrebe kardiopulmonalnog bajpasa.

Cilj rada: Utvrditi vrijednosti minutnog volumena srca, srčanog indeksa, udarnog volumena i srčane frekvence prije i nakon revaskularizacije miokarda.

Pacijenti i Metode: Ispitivanje je sprovedeno u vidu retrospektivne studije u Klinici za kardiovaskularne bolesti JZU UKC Tuzla, na uzorku od 60 bolesnika koji su podvrgnuti hirurškoj revaskularizaciji miokarda. Prvu grupu čini 30 bolesnika kod kojih je revaskularizacija urađena bez upotrebe kardiopulmonalnog bajpasa, a drugu grupu 30 bolesnika kod kojih je revaskularizacija urađena sa upotrebom kardiopulmonalnog bajpasa. Svim bolesnicima su mjereni i analizirani hemodinamski parametri prije i nakon revaskularizacije.

Rezultati i diskusija: Minutni volumen srca nakon revaskularizacije miokarda bez upotrebe kardiopulmonalnog bajpasa bio je veći za 13.62 % ($p < .05$), srčani indeks za 13.64 % ($p < .05$) a udarni volumen za 8.24 % ($p < .05$) u odnosu na preoperativne vrijednosti. Srčana frekvencija bila je veća za 5.2 % ($p < .05$). Nakon revaskularizacije miokarda sa upotrebom kardiopulmonalnog bajpasa minutni volumen srca je bio manji za 9.3 % ($p > .05$), a srčani indeks bio je manji za 9.25 % ($p > .05$) u odnosu na preoperativne vrijednosti.

Zaključak: Vrijednosti hemodinamskih parametara nakon revaskularizacije miokarda bez upotrebe kardiopulmonalnog bajpasa su statistički značajno bolje u odnosu na one nakon revaskularizacije miokarda sa upotrebom kardiopulmonalnog bajpasa.

Ključne riječi: Minutni volumen srca, revaskularizacija miokarda, kardiopulmonalni bajpas

ABSTRACT

Introduction: Cardiac output is the amount of blood pumped out from left ventricle into systemic circulation within one minute, i.e. product of stroke volume and heart rate. Coronary artery disease occurs as a consequence of reduced blood flow to heart muscle due to partial or total coronary artery obstruction by atherosclerosis or coronary thrombosis. Surgical revascularization of myocardium is performed with or without the use of cardiopulmonary bypass. Goal: to find the values of cardiac output, cardiac index, stroke volume, and heart rate before and after surgical revascularization of myocardium.

Patients and methods: research was conducted as a retrospective study in Cardiovascular Clinic of University Clinical Centre in Tuzla on a sample of 60 patients subjected to surgical revascularization of myocardium. The first

group consisted of 30 patients in which the revascularization was performed without the use of cardiopulmonary bypass, and the second group consisted of 30 patients in which the revascularization was performed with the use of cardiopulmonary bypass. Haemodynamic parameters were measured and analyzed in all patients before and after the revascularization procedure.

Results and Discussion: cardiac output after revascularization of myocardium without the use of cardiopulmonary bypass was increased by 13.62% ($P < .05$), cardiac index was increased by 13.64% ($P < .05$), and stroke volume was increased by 8.24% ($P < .05$) compared to preoperative values. Heart rate was increased by 5.2% ($P < .05$). After revascularization of myocardium with the use of cardiopulmonary bypass, cardiac output was decreased by 9.3% ($P > .05$), and cardiac index was decreased by 9.25% ($P > .05$) compared to preoperative values.

Conclusion: values of haemodynamic parameters after revascularization of myocardium without the use of cardiopulmonary bypass are significantly better compared to the ones after revascularization of myocardium with the use of cardiopulmonary bypass.

Key words: Cardiac output, revascularization of myocardium, cardiopulmonary bypass

UVOD

Minutni volumen srca (CO) je količina krvi koja se tokom jednog minuta pumpa iz lijevog ventrikula u sistemsku cirkulaciju, odnosno proizvod udarnog volumena srca (SV) i srčane frekvence (HR). Normalne vrijednosti CO iznose 4-6 L/min, dok su kod bolesnika sa koronarnom bolešću srca uglavnom manje. Mjerenje CO po jedinici tjelesne površine (BSA) se naziva srčani indeks (CI) i daje kvalitetniji uvid u stanje kardiovaskularnog sistema bolesnika¹.

Koronarna bolest srca nastaje kao posljedica smanjenog priliva krvi u srčani mišić zbog djelimične ili potpune opstrukcije koronarnih arterija, izazvane aterosklerozom ili koronarnom trombozom².

Revaskularizacija miokarda sa upotrebom kardiopulmonalnog bajpasa (CPB) ili mašine za vantjelesni krvotok predstavlja konvencionalnu ili tradicionalnu metodu kod koje CPB zamjenjuje funkciju srca (rotaciona pumpa) i funkciju pluća (oksigenerator)³.

Revaskularizacija miokarda bez upotrebe CPB predstavlja metodu kreiranja aorto- koronarnih bajpasa bez spajanja bolesnika na mašinu za vantjelesni krvotok, tj. na kucajućem srcu⁴.

Na CO bolesnika tokom operativnog zahvata na kucajućem srcu najviše utiču različite manipulacije sa srcem od strane hirurga, koji u cilju pristupa željenoj koronarnoj arteriji i kvalitetnog prikazivanja operativnog polja pomjera srce u različitim smjerovima, izazivajući na taj način različite hemodinamske poremećaje kod bolesnika⁵.

Postoji više manevara koji se izvode u cilju održavanja zadovoljavajućih vrijednosti CO, a to su: postavljanje bolesnika u Trendelenburg

položaj ("glava dole"), što povećava preload redistribucijom krvnog volumena, rotiranje operacionog stola, otvaranje desnog pleuralnog prostora, stavljanje privremenih pacemaker žica koje prevenira bradikardiju, te preoperativno plasiranje intraaortalne balon pumpe (IABP) koje kod visokorizičnih bolesnika može povećati toleranciju na srčane manipulacije⁶.

Ciljevi ovog istraživanja su bili: 1) Utvrditi vrijednosti minutnog volumena srca, srčanog indeksa, udarnog volumena i srčane frekvence u bolesnika prije i nakon revaskularizacije miokarda bez upotrebe kardiopulmonalnog bajpasa; 2) Utvrditi vrijednosti CO, CI, SV i HR u bolesnika prije i nakon revaskularizacije miokarda sa upotrebom kardiopulmonalnog bajpasa.

PACIJENTI I METODE

Ispitivanje je sprovedeno u Klinici za Kardiovaskularne bolesti JZU UKC Tuzla, u vidu retrospektivne studije, na uzorku od 60 ispitanika koji podvrgnuti operativnom zahvatu revaskularizacije miokarda tokom 2004. i 2005. godine.

Bolesnici su podijeljeni u dvije grupe s obzirom na operativnu tehniku:

a) Prvu, eksperimentalnu grupu, sačinjavalo je 30 ispitanika koji su podvrgnuti operativnom zahvatu bez upotrebe kardiopulmonalnog bajpasa.

b) Drugu, kontrolnu grupu, sačinjavalo je 30 ispitanika koji su podvrgnuti operativnom zahvatu sa upotrebom kardiopulmonalnog bajpasa.

Obje grupe ispitanika su prilagođene prema demografskim karakteristikama (dob, spol, tjelesna površina), ejectionnoj frakciji lijevog ventrikula, rizičnim faktorima za koronarnu bolest, te broju načinjenih bajpas graftova.

Svim ispitanicima uključenim u studiju su mjereni hemodinamski parametri u više navrata: na operacionom stolu, neposredno prije otvaranja grudnog koša i nakon završene revaskularizacije miokarda, neposredno po zatvaranju grudnog koša.

Mjereni su i analizirani: CO, CI, SV i HR.

Navedeni parametri su mjereni preko pulminalnog (Swan-Ganz) katetera termodilucionom metodom, ubrizgavanjem hladnog infuzionog rastvora kroz kateter i mjerenjem temperature krvi preko termistora na vrhu katetera.

Svim ispitanicima je priključen petokanalni EKG.

Korištena je kompjuterska analiza ST segmenta.

Pulsni oksimetar je korišten za kontinuirano mjerenje saturacije arterijske krvi kiseonikom i praćenje HR (frekvence pulsa).

Za dobijanje podataka o ispitanicima korištena je medicinska dokumentacija Klinike za kardiovaskularne bolesti: istorije bolesti, operativni protokoli, liste anestezije, te kompjuterska baza podataka pod nazivom "DATACOR".

REZULTATI

Ukupno je analizirano 60 ispitanika, raspoređenih u dvije grupe. Svi ispitanici bili su muškog spola, srednje životne dobi 59.2 ± 8 godina, ejskione frakcije lijevog ventrikula $45 \pm 5\%$ i površine tijela 1.96 m^2 (Tabele 1 i 2).

Tabela 1. Preoperativne karakteristike ispitanika

Table 1. Preoperative patients' characteristics

Varijabla	Vrijednost
Starost	$59.2 \pm 8.0^*$
Pol (M/Ž)	svi bolesnici M
Površina tijela (m^2)	$1.96 \pm 0.07^*$
Ejeksiona frakcija (%)	$45 \pm 5^*$

Legenda: $\Delta X \pm SD$

Tabela 2. Distribucija ispitanika po starosti i ejeksionoj frakciji u ispitivanim grupama

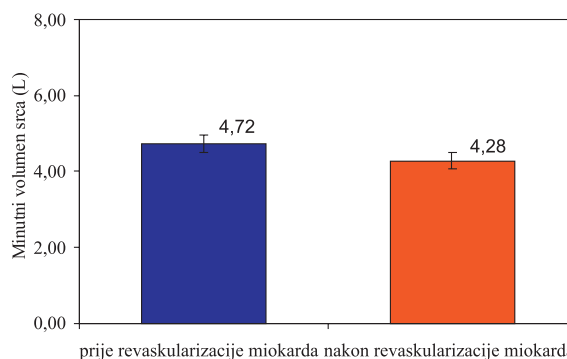
Table 2. Distribution of patients according to age and ejection fraction in investigated groups

Varijabla	Grupa sa CPB n = 30	Grupa bez CPB n = 30	P
Starost	60.43 ± 7.8	58.03 ± 8.13	.25*
EF (%)	45.33 ± 5.24	44.73 ± 5.51	.67*

Legenda: $\Delta X \pm SD$ -aritmetička sredina i standardna devijacija; CPB-kardiopulmonalni bajpas; EF-ejeksiona frakcija lijevog ventrikula; p-nivo značajnosti izabranog testa; * ANOVA test

Hemodinamski parametri u ispitanika podvrgnutih revaskularizaciji miokarda sa upotrebom CPB

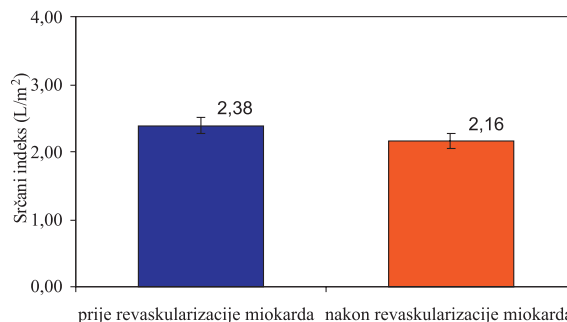
Vrijednost CO je niža nakon revaskularizacije miokarda u odnosu na onu prije revaskularizacije, bez statističkog značaja ($P > .05$; Slika 1.)



Slika 1. Vrijednost minutnog volumena srca u bolesnika operiranih sa CPB prije i nakon revaskularizacije miokarda

Figure 1. Cardiac output in patients operated with the use of CPB before and after myocardial revascularization

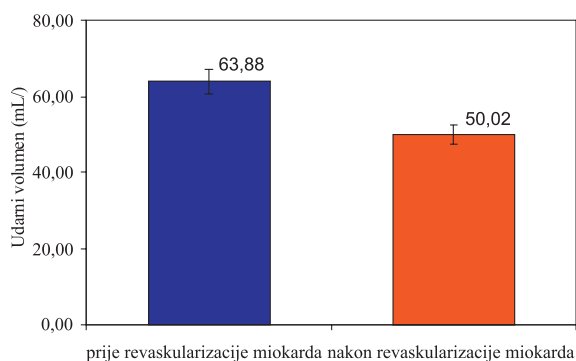
Vrijednost CI je niža nakon revaskularizacije miokarda u odnosu na onu prije revaskularizacije, bez statističkog značaja ($P > .05$; Slika 2.)



Slika 2. Vrijednosti srčanog indeksa u bolesnika operiranih sa CPB prije i nakon revaskularizacije miokarda

Figure 2. Cardiac index in patients operated with the use of CPB before and after myocardial revascularization

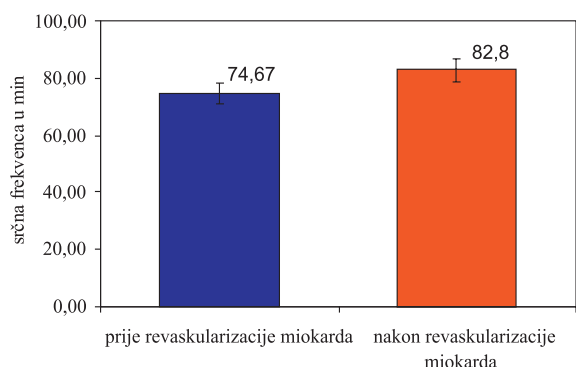
Vrijednost SV je statistički značajno niža nakon revaskularizacije miokarda u odnosu na onu prije revaskularizacije ($P < .05$; Slika 3.)



Slika 3. Vrijednosti udarnog volumena u bolesnika operiranih sa CPB prije i nakon revaskularizacije miokarda

Figure 3. Stroke volume in patients operated with the use of CPB before and after myocardial revascularization

Vrijednost HR je statistički značajno viša nakon revaskularizacije miokarda u odnosu na onu prije revaskularizacije ($P < .05$; Slika 4.)

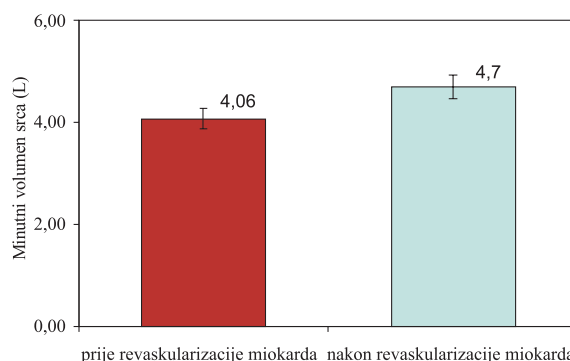


Slika 4. Vrijednosti srčane frekvence u bolesnika operiranih sa CPB prije i nakon revaskularizacije miokarda

Figure 4. Heart rate in patients operated with the use of CPB before and after myocardial revascularization

Hemodinamski parametri u ispitanika podvrgnutih revaskularizaciji miokarda bez upotrebe CPB

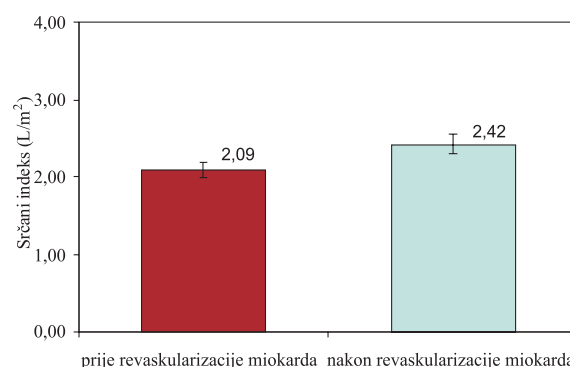
Vrijednost CO je statistički značajno viša nakon revaskularizacije miokarda u odnosu na onu prije revaskularizacije ($P < .05$; Slika 5.)



Slika 5. Vrijednosti minutnog volumena srca u bolesnika operiranih bez CPB prije i nakon revaskularizacije miokarda

Figure 5. Cardiac output in patients operated without the use of CPB before and after myocardial revascularization

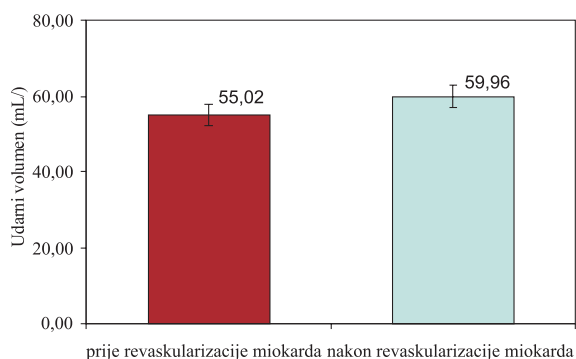
Vrijednost CI je statistički značajno viša nakon revaskularizacije miokarda u odnosu na onu prije revaskularizacije ($P < .05$; Slika 6.)



Slika 6. Vrijednosti srčanog indeksa u bolesnika operiranih bez CPB prije i nakon revaskularizacije miokarda

Figure 6. Cardiac index in patients operated without the use of CPB before and after myocardial revascularization

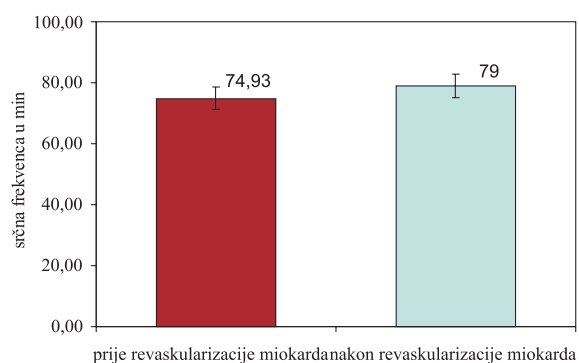
Vrijednost SV je statistički značajno viša nakon revaskularizacije miokarda u odnosu na onu prije revaskularizacije ($P < .05$; Slika 7.)



Slika 7. Vrijednosti udarnog volumena u bolesnika operiranih bez CPB prije i nakon revaskularizacije miokarda

Figure 7. Stroke volume in patients operated without the use of CPB before and after myocardial revascularization

Vrijednost HR je statistički značajno viša nakon revaskularizacije u odnosu na onu prije revaskularizacije ($P < .05$; Slika 8.)



Slika 8. Vrijednost srčane frekvencije u bolesnika operiranih bez CPB prije i nakon revaskularizacije miokarda

Figure 8. Heart rate in patients operated without the use of CPB before and after myocardial revascularization

Komparacijom vrijednosti hemodinamskih parametara nakon revaskularizacije miokarda utvrđeno je da su svi ispitivani parametri bili statistički značajno veći (bolji) kod ispitanika koji su operirani bez upotrebe CPB (Tabela 3).

Tabela 3. Komparacija vrijednosti hemodinamskih parametara nakon revaskularizacije miokarda u ispitanika operiranih sa i bez CPB

Table 3. Comparison of haemodynamical parameters after myocardial revascularization in patients operated with or without the use of CPB

Hemodinamski parametar	sa CPB	bez CPB	P
Minutni volumen srca	4.3±0.54	4.7±0.46	.002
Srčani indeks	2.2±0.3	2.4±0.2	.0001
Udarni volumen	50.0±7.2	60.0±9.1	.0001
Srčana frekvencija	86.6±7.9	79.0±7.9	.0001

DISKUSIJA

Hemodinamski status bolesnika nakon hirurške revaskularizacije miokarda jedan je od najboljih pokazatelja uspješnosti operativnog zahvata. Poseban značaj predstavlja činjenica da je operativni zahvat izvršen na srcu kao glavnom nosiocu hemodinamskih zbivanja cjelokupnog organizma. Ovo istraživanje pokazuje uticaj operativne tehnike na hemodinamski status bolesnika neposredno nakon revaskularizacije miokarda.

Za adekvatan CO, nakon odvajanja od CPB, potrebna je srčana frekvencija od 80 do 100 otkucaja/min. Odnos snabdijevanje/potražnja kiseonika je povoljniji nakon revaskularizacije miokarda, tako da viša frekvencija smanjuje rizik od ishemije miokarda više nego prije CPB. Bolesnici sa reduciranim CO mogu zahtijevati još višu frekvenciju⁹. Naši rezultati pokazuju da su vrijednosti HR nakon revaskularizacije miokarda i odvajanja od CPB iznosile 82.8 otkucaja/min. i veće su u odnosu na preoperativne za 9.82%, sa statistički značajnim povećanjem ($P < .05$). Može se reći da je jedan od razloga tog povećanja održavanje adekvatnog CO. S obzirom da je SV u ove grupe bolesnika nakon revaskularizacije miokarda bio statistički značajno manji nego preoperativno ($P < .05$) i da SV uz srčanu frekvenciju direktno utiče na CO, prihvatljivo je objašnjenje da je HR povećana u cilju obezbjeđenja adekvatnog CO.

Tokom odvajanja bolesnika od CPB CI treba biti veći od 2.0 l/min/m², a za sigurno odvajanje treba da bude preko 2.3 l/min/m². Ukoliko se ne postignu navedene vrijednosti treba razmotriti ordiniranje vazoaktivnih (pozitivno inotropnih lijekova) ili intraaortne balon pumpe¹⁰.

Po odvajanju od CPB vrijednosti CI koje su prihvatljive iznose 2.2 l/min/m² ili veće, a na te vrijednosti utiču frekvencija, srčani ritam i volumni status. Optimalizacija ovih parametara dovodi do poboljšanja CI (uvijek na to misliti prije uključivanja pozitivne inotropne potpore)¹¹. Naši rezultati pokazuju da su vrijednosti CI u bolesnika operiranih sa CPB nakon revaskularizacije miokarda bile manje u odnosu na preoperativne za 9.25%, bez statističkog značaja ($P > .05$). Imajući u vidu rezultate istraživanja drugih autora^{10,11}, uočljivo je da su vrijednosti CI u naših bolesnika (2.16 l/min/m²) manje od minimalnih vrijednosti koje su prihvatljive nakon odvajanja bolesnika od CPB. To je razlog da je u pet ispitanika (16.7%) ove ispitivane grupe nakon hemodinamskih mjerenja

po završetku revaskularizacije miokarda uključena pozitivna inotropna potpora dobutaminom. Iz rezultata je vidljivo da je procentualno smanjenje CI isto kao i smanjenje CO, ali je veće smanjenje SV. Na vrijednosti CI uticao je i volumni status bolesnika tokom i nakon odvajanja od CPB.

Tokom revaskularizacije miokarda bez upotrebe CPB usljed dislokacije srca dolazi do značajnih promjena CO, CI i SV. Studija koju su objavili Do i saradnici¹², govori o hemodinamskim promjenama kod 55 ispitanika. Praćene su promjene arterijskog pritiska, plućnog arterijskog pritiska i CI. Promjene CI bile su značajne tokom svih pozicija srca, ali najizraženije su bile tokom graftiranja LAD (-15 %). Dislokacija srca tokom revaskularizacije je proizvela značajan pad CO (-46 %), a krvnog pritiska (-20 %). CVP je bio povećan (+137 %). U studiji Nierich i saradnici¹³ opisane su promjene udarnog volumena srca tokom operacija bez upotrebe CPB. SV je značajno bio reduciran kod svih pozicija srca: LAD (-6 %), RCA (-14 %), Cx (-21 %).

Naši rezultati pokazuju da su tokom revaskularizacije miokarda bez upotrebe CPB nastajale izrazite hemodinamske promjene sa smanjenjem CO, CI i SV. Hemodinamska mjerenja izvršena nakon završene revaskularizacije miokarda su pokazala da su vrijednosti ovih parametara značajno povećane i kvalitativno bolje nego one izmjerene prije revaskularizacije. Vrijednosti CO nakon revaskularizacije su povećane za 13.62 % ($P < .05$), vrijednosti CI su povećane za 13.64 % ($P < .05$) i vrijednosti SV su povećane za 8.24 % ($P < .05$). Statistički značajno povećanje CO, CI i SV je očekivan rezultat nakon revaskularizacije miokarda i uspostavljenog boljeg i kvalitetnijeg protoka krvi kroz miokard čime je poboljšano snabdijevanje miokarda kiseonikom i njegovo kvalitetnije iskorištavanje. Zadovoljavajuće vrijednosti dijastolnog arterijskog pritiska i pritiska punjenja lijevog ventrikula su omogućili dobar koronarni perfuzioni pritisak, koji je takođe pozitivno uticao na ove parametre. Vidimo da je procentualno manje povećanje SV dovelo do procentualno većeg povećanja CO i CI. Razlog je značajno povećana srčana frekvencija koja je uz navedeni SV dovela do povećanja CO. Frekvencija

izmjerena nakon revaskularizacije je veća u odnosu na onu prije revaskularizacije za 5.2 % ($P < .05$). Ovo značajno povećanje frekvencije nije poremetilo odnos snabdijevanje/ potrošnja kiseonika u miokardu, a pozitivno je uticalo na CO.

ZAKLJUČAK

Vrijednosti ispitivanih hemodinamskih parametara (CO, CI, SV, HR) nakon revaskularizacije miokarda u ispitanika operiranih bez upotrebe CPB su statistički značajno veće (bolje) nego u onih koji su operirani sa upotrebom CPB.

LITERATURA

1. Anonymous. Evaluation Study of Congestive Heart Failure and Pulmonary Artery Catheterization Effectiveness. *J Am Med Ass* 2005; 294: 1625-1633.
2. Lewington S. The importance of cholesterol, blood pressure and smoking for coronary heart disease. *Europ Heart J* 2003; 24: 1703-1705.
3. Bashein G, Townes BD, Nessly ML. A randomized study of carbon dioxide management during hypothermic cardiopulmonary bypass. *Anesthesiology* 1990; 72: 7-11.
4. Puskas JD, Williams WH, Duke PG. Off-pump coronary artery bypass grafting provides complete revascularisation and length of stay. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 125: 797-808.
5. Puskas JD, Vinten-Johansen J, Muraki S, Guyton RA. Myocardial protection for off-pump coronary artery bypass surgery. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2001; 13: 82-97.
6. Baumgartner FJ, Gheissari A, Capouya ER. Technical aspects of total revascularisation in off pump coronary bypass via sternotomy approach. *Ann Thorac Surg* 1999; 67: 1653-1658.
7. Magnus P, Beaglehole R. The real contribution of the major risk factors to the coronary epidemics. *Arch Intern Med* 2001; 161: 2657-2660.
8. Boyd O, Grounds RM, Bennet ED. A randomised clinical trial of the effect of deliberate perioperative increase of oxygen delivery on mortality in high-risk surgical patients. *JAMA* 1993; 270: 2699-2707.
9. Marquez J, Koehler S, Strelec SR. Repeated dose administration of desmopressin acetate in uncomplicated cardiac surgery: a prospective, blinded, randomized study. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1992; 6: 674-676.
10. Kikura M, Sato S. The efficacy of preemptive milrinone or amrinone therapy in patients undergoing coronary artery bypass grafting. *Anesth Analg* 2002; 94: 22-30.
11. Levy JH, Bailey JM, Deeb M. Intravenous milrinone in cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2002; 73: 325-330.
12. Do QB, Goyer C, Chavanon O, Contore P, Denault A, Cartier R. Hemodynamic changes during off-pump CABG surgery. *Eur Cardiothorac Surg* 2002; 21: 385-390.
13. Nierich AP, Diephuis J, Jansen EWL. Heart displacement during off-pump CABG: How well is it tolerated? *Ann Thorac Surg* 2000; 70: 466-472.

Rad primljen: 22. 12. 2007.

Rad prihvaćen: 4. 3. 2008.