

# Hemodynamic Changes during Myocardial Revascularization without Extracorporeal Circulation

Silvia Minhye Kim<sup>1</sup>, Luiz Marcelo Sá Malbouisson<sup>2</sup>, José Otávio Costa Auler Jr.<sup>3</sup>, Maria José Carvalho Carmona<sup>4</sup>

**Summary:** Kim SM, Malbouisson LMS, Auler Jr. JOC, Carmona MJC – Hemodynamic Changes during Myocardial Revascularization without Extracorporeal Circulation.

**Background and objectives:** Cardiac positioning and stabilization during myocardial revascularization without extracorporeal circulation (ECC) may cause hemodynamic changes dependent to the surgical site. The objective of this study was to evaluate these changes during distal coronary anastomosis.

**Methods:** Twenty adult patients undergoing myocardial revascularization without ECC were monitored by pulmonary artery catheter and transesophageal Echo Doppler. Hemodynamic data were collected at the following times before removing the stabilizer wall: (1) after volume adjustments, (2) at the beginning of distal anastomosis, and (3) after 5 minutes. Treated coronary arteries were grouped according to their location in the lateral, anterior, or posterior wall. Two-way ANOVA with repetition and Newman-Keuls post-test were used in the analysis. A p value < 0.05 was considered statically significant.

**Results:** During myocardial revascularization without ECC, pulmonary artery wedge pressure showed elevation from  $17.7 \pm 6.1$  to  $19.2 \pm 6.5$  ( $p < 0.001$ ) and  $19.4 \pm 5.9$  mmHg ( $p < 0.001$ ), while the central venous pressure went from  $13.9 \pm 5.4$  to  $14.9 \pm 5.9$  mmHg ( $p = 0.007$ ) and  $15.1 \pm 6.0$  mmHg ( $p = 0.006$ ). Intermittent cardiac output was reduced from  $4.70 \pm 1.43$  to  $4.23 \pm 1.22$  ( $p < 0.001$ ) and  $4.26 \pm 1.25$  L.min<sup>-1</sup> ( $p < 0.001$ ). According to transesophageal Doppler, a significant group-time interaction was observed in cardiac output, which was reduced in the lateral group from  $4.08 \pm 1.99$  to  $2.84 \pm 1.82$  ( $p = 0.02$ ) and  $2.86 \pm 1.73$  L.min<sup>-1</sup> ( $p = 0.02$ ), and aortic blood flow, which went from  $2.85 \pm 1.39$  to  $1.99 \pm 1.26$  ( $p = 0.02$ ) and  $2.00 \pm 1.21$  L.min<sup>-1</sup> ( $p = 0.02$ ). Other hemodynamic changes were not observed during anastomoses.

**Conclusions:** A significant hemodynamic deterioration was observed during myocardial revascularization without ECC. Transesophageal Doppler detected a decrease in cardiac output only in the lateral group.

**Keywords:** Hemodynamics; Echocardiography, Transesophageal; Coronary Artery Bypass; Extracorporeal Circulation.

**Financial Support:** Fundação de Amparo à Pesquisa of the State of São Paulo (FAPESP), Research Aid, # 03/07092-6.

[Rev Bras Anesthesiol 2011;61(4): 434-446] ©Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob a licença de CC BY-NC-ND

## INTRODUCTION

Important hemodynamic changes may occur during myocardial revascularization without extracorporeal circulation (ECC), a period in which the heart must maintain its pumping function while it is being operated and manipulated. Prompt recognition of hemodynamic instability is possible when any

such changes are predict and there is continuous monitoring and rapid response, which enables the optimization of cardiac function to reduce heart suffering and overload during external manipulation<sup>1-3</sup>.

Hemodynamic monitors have been developed to provide information on cardiac function. Pulmonary artery catheters with thermal filament are capable to measure the right ventricular ejection fraction and right ventricular end-diastolic volume. Intraoperative transesophageal echocardiography allows direct visualization of cardiac chambers to obtain volumes and pressures during cardiac cycle. Based on analysis of aortic blood flow, transesophageal Doppler of the aorta can provide information on cardiac output and ventricular ejection time<sup>4</sup>. In cases of changes in hemodynamic conditions, mixed venous oxygen saturation (SvO<sub>2</sub>) can be rapidly altered<sup>5</sup> as a function of the increased peripheral oxygen extraction. Analyzing the SvO<sub>2</sub>, along with aortic blood flow, it is possible to get additional information regarding cardiac function and peripheral oxygen delivery during aggressions to the heart.

The objective of the present study was to evaluate the hemodynamic changes during distal coronary anastomoses in myocardial revascularization without ECC considering the different walls approached.

Received from the Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), Brazil.

1. PhD in Sciences; Assistant Physician of Instituto do Câncer do Estado de São Paulo Octavio Frias de Oliveira

2. PhD in Sciences; Supervising Physician of the Unidade de Terapia Intensiva e Recuperação Pós-anestésica da Disciplina de Anestesiologia do Hospital das Clínicas da FMUSP; Counselor of the Programa de Pós-graduação em Anestesiologia da FMUSP

3. Professor of Anesthesiology, Departamento de Cirurgia; Disciplina de Anestesiologia, FMUSP

4. Associated Professor of the Disciplina de Anestesiologia da FMUSP; Director of the Divisão de Anestesia do Instituto Central do Hospital das Clínicas da FMUSP

Submitted on July 29, 2010.

Approved on January 4, 2011.

Correspondence to:

Dra. Silvia Minhye Kim Secretária de Anestesia  
Av. Dr. Enéas de Carvalho Aguiar, 44, 2º andar  
Cerqueira César  
05403-000 – São Paulo, SP, Brazil  
E-mail: silviakim@hotmail.com

## METHODS

The research protocol was approved by the Scientific Commission of the Instituto do Coração and by the Ethics Commission for Analysis of Research Projects (CAPPesq) of the Board of Clinical Directors of Hospital das Clínicas and Medical School of USP.

Adult candidates of both genders scheduled for elective myocardial revascularization without ECC were evaluated. Surgical risk was stratified according to Higgins criteria<sup>6</sup>, and only patients with minimal to moderate risk were included in the study. Inclusion criteria were age < 80 years; renal function within normal limits or creatinine < 1.4 mg.dL<sup>-1</sup>; ventricular function within normal limits (ejection fraction > or equal to 50%), according to echocardiography or ventriculography. Patients scheduled for cardiac reoperations, with valvulopathies associated with coronary insufficiency or with the diagnosis of chronic obstructive pulmonary disease were excluded.

To detect differences in measurements among groups with a level of significance of 0.05, and considering that a mean of three coronary anastomoses would be performed in each patient, it was established that 20 patients would be investigated. The study consisted of analysis of hemodynamic parameters obtained during distal anastomosis of each coronary artery. Data obtained were grouped according to the location of the procedure: anterior wall (distal anastomoses of the anterior descending [AD] and diagonal [DI] arteries), lateral wall (distal anastomosis of the left marginal artery), or posterior wall (distal anastomosis of the right coronary artery or their posterior branches).

The decision to perform the surgical procedure without ECC, the arteries, and the order of revascularization were determined by the heart surgeon. The procedures were performed by two teams of heart surgeons. Whenever a change in surgical conduct was determined during the surgery indicating the need of ECC, the patient was excluded from the study.

All patients obeyed a minimal fasting period of 8 hours, and premedication consisted of oral midazolam 7.5 mg 30 minutes before the surgery. In the operating room patients were monitored by electrocardiogram, pulse oximeter and invasive blood pressure. Anesthetic induction was achieved with titrated administration of sufentanil up to a dose of 0.5 µg.kg<sup>-1</sup>, and propofol (until loss of reflexes), or etomidate (0.2 mg.kg<sup>-1</sup>). For muscle relaxation, pancuronium bromide 0.1 mg.kg<sup>-1</sup>, or atracurium 0.5 mg.kg<sup>-1</sup>, was administered. Anesthesia was maintained with variable concentrations of isoflurane (FE of 0.7 to 0.9%) and intermittent boluses of sufentanil up to a total dose of 1.0 µg.kg<sup>-1</sup>.

After tracheal intubation and the onset of controlled mechanical ventilation, the right internal jugular vein was punctured and a 7.5F pulmonary artery catheter with thermal filament was introduced (CCO catheter, Baxter Edwards Critical Care, Irvine, CA, USA) through an 8.5F introducer. The catheter was connected to the Vigilance monitor (Baxter Edwards Critical Care, CA, USA) for continuous recording of cardiac output, which was calculated based on a pattern of signs emitted by the thermal filament and detected by the transmitter on the tip

of the catheter. The cardiac output obtained after the emission of each signal pulse, approximately every 30 to 60 seconds, was recorded on the STAT screen of the monitor.

An esophageal probe with Doppler and M-mode echocardiography transducers (Hemosonic 100, Arrow International Inc., Reading, PA, USA) protected by its disposable sheath was introduced. Depth and rotation of transducers in relation to descending thoracic aorta were adequate, according to the characteristic Doppler tracing of aortic blood flow, and images of the aorta walls on echocardiography. This method allows M-mode echocardiography of the anterior and posterior walls of descending thoracic aorta to determine the aorta diameter and Doppler of aortic blood flow velocity, from which the distance covered by the blood ejected during systole is obtained, and then systolic aortic volume and cardiac output are calculated.

During the period immediately anterior to coronary anastomoses, volemia was adjusted by the administration of 10 mL.kg<sup>-1</sup> of 6% hydroxyethylamide 130/0.4 (Voluven, Fresenius Kabi, Bad Homburg, Germany), and Ringer's lactate until hemodynamic stabilization was achieved in order to obtain a cardiac index measured by intermittent thermodilution > 3.0 L.min<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>.

Dobutamine was the inotropic agent of choice for cases in which despite volume optimization cardiac output remained reduced. In case vasodilation was necessary, continuous infusion of nitroprusside or nitroglycerine was used. To provide rapid adjustments in blood pressure, a bolus of 4 µg of norepinephrine was administered in case of hypotension, or 200 µg of nitroglycerine in case of hypertension.

Hemodynamic evaluation was performed at the following moments:

**Baseline:** after sternotomy, cardiovascular stabilization, and volume optimization, being considered the baseline measure for the first anastomosis, and repeated before each anastomosis, before positioning the heart;

**Beginning of anastomosis:** at the beginning of coronary anastomosis, with the Octopus (Medtronic, Inc., Minneapolis, MN, USA) tissue stabilizer for beating heart surgery positioned;

**End of anastomosis:** 5 minutes after beginning the anastomosis, near completion and before removing the Octopus.

Hemodynamic parameters analyzed included: heart rate (HR), mean arterial pressure (MAP), mean pulmonary artery pressure (MPAP), pulmonary artery occlusion pressure (PoAP), central venous pressure (CVP), mixed venous oxygen saturation (SVO<sub>2</sub>), intermittent cardiac output (ICO), semi-continuous cardiac output – STAT mode (CCO), right ventricular end-diastolic volume index (RVEDVI), cardiac output by transesophageal Doppler (COED), aortic blood flow (ABF), rate-corrected left ventricular ejection time (cLVET), peak velocity (PV), and maximal acceleration (MA).

At the time of each evaluation, we recorded cardiac output values indicated by the Vigilance monitor set in the STAT mode. Cardiac output was measured by thermodilution using a 10 mL injection of 5% glucose solution at room temperature.

Thermodilution curves were evaluated and the mean of three consecutive measurements was recorded.

Continuous variables are presented as mean  $\pm$  standard deviation, and two-way ANOVA with repetition was used to compare them. This method included the following factors: GROUP (lateral, anterior, or posterior wall), TIME (baseline, initial, or final), and the GROUP-TIME interaction. Whenever significant differences were observed, we used Newman-Keuls post-test for multiple comparisons between times and Tukey's test for multiple comparisons between groups. A value of  $p$  below 0.05 was considered statistically significant.

## RESULTS

Twenty patients, 15 males and five females, ages ranging from 39 to 79 years, were included in the study. Anthropometric and surgical data are presented in Table I. Each patient was evaluated to determine the surgical risk according to Higgins criteria<sup>6</sup>. In this score, some of the factors that could represent a high postoperative mortality were already part of the exclusion criteria.

Two to four distal coronary anastomoses were performed in each patient; therefore, a total of 57 coronary anastomoses were evaluated. Among the arteries treated a greater number of procedures were observed in the arteries of the anterior group, 19 in the anterior descending (DA) and 13 in the diagonal (DI) arteries. The lateral group included 14 anastomoses

in the marginal arteries (Mg and Mg2), and the posterior group included 11 anastomoses in the posterior branches of the right coronary (RC) or posterior ventricular (PV) artery.

Coronary anastomoses lasted on average 5.7 minutes (SD = 1.6 minutes), and the intervals between them ranged from 6 to 79 minutes, the time required for positioning the heart for the following procedure or realization of proximal anastomoses. The order of anastomoses was not uniform and it followed the indication established by the surgical team for each case. Hemodynamic data is shown in Table II.

A significant change was observed in PoAP (Figure 1), which went from a baseline value of  $17.7 \pm 6.1$  to  $19.2 \pm 6.5$  mmHg ( $p < 0.001$ ) at the beginning of anastomosis, and  $19.4 \pm 5.9$  mmHg ( $p < 0.001$ ) at the end of anastomosis; and CVP (Figure 2), which went from  $13.9 \pm 5.4$  to  $14.9 \pm 5.9$  mmHg ( $p = 0.007$ ) and  $15.1 \pm 6.0$  mmHg ( $p = 0.006$ ). However, a difference was not observed among groups.

Intermittent cardiac output (Figure 3) was reduced from  $4.70 \pm 1.43$  to  $4.23 \pm 1.22$  L.min<sup>-1</sup> ( $p < 0.001$ ) and  $4.26 \pm 1.27$  L.min<sup>-1</sup> ( $p < 0.001$ ), without difference among groups. A statistically significant group-time interaction was observed on COED (Figure 4), which was reduced in the lateral group from  $4.08 \pm 1.99$  to  $2.84 \pm 1.81$  L.min<sup>-1</sup> ( $p = 0.02$ ) and  $2.86 \pm 1.73$  L.min<sup>-1</sup> ( $p = 0.02$ ). ABF is used to calculate COED and due to this mathematical coupling it also showed a significant interaction ( $p = 0.01$ , Figure 5), and the reduction was observed in the lateral wall, from  $2.85 \pm 1.39$  to  $1.99 \pm 1.26$  L.min<sup>-1</sup> ( $p = 0.02$ ) and  $2.00 \pm 1.21$  L.min<sup>-1</sup> ( $p = 0.02$ ).

Peak velocity also showed a significant group-time interaction on ANOVA ( $p = 0.02$ , Figure 6), but Newman-Keuls post-test for multiple comparisons did not show a statistically significant difference in groups and times.

**Table I** – Demographic and Surgical Data

	n
Gender (M/F)	15 / 5
Age (39 to 79 years) *	61.7 $\pm$ 10.4
Body surface (m <sup>2</sup> ) *	1.76 $\pm$ 0.19
Surgical risk	
Minimal	9
Low	11
Coronary anastomoses	
2 arteries	
DD + Mg	3
AD + DI	3
AD + RC	1
3 arteries	
AD + DI + Mg	4
AD + DI + RC/PV	3
AD + Mg + RC	1
Mg + Mg2 + RC	1
4 arteries	
AD + DI + Mg + RC/PV	3

Coronary arteries: AD: anterior descending, DI: diagonal, Mg: marginal, RC: right coronary, RC/PV: right coronary posterior ventricular.

## DISCUSSION

Significant hemodynamic alterations were observed during myocardial revascularization without ECC, with an increase on PoAP and CVP and reduction in cardiac output obtained by intermittent thermodilution (ICO). Using the transesophageal Doppler monitor we observed a reduction in cardiac output and ABF on lateral wall procedures.

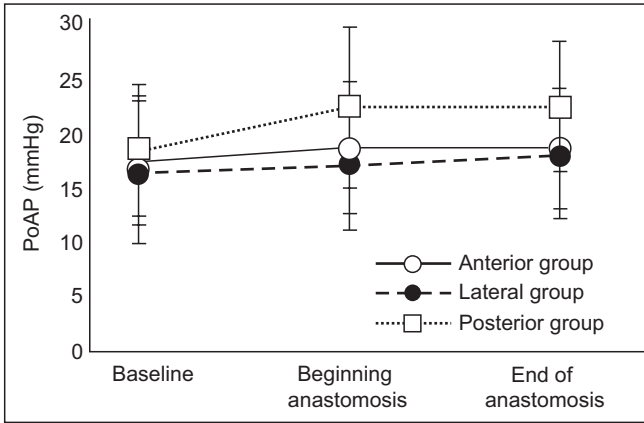
Other studies have demonstrated more significant hemodynamic changes when approaching posterior and lateral wall arteries<sup>7-13</sup>, expressed mainly by variations in atrial and right ventricular end-diastolic pressures. Our results have confirmed these observations and, using the transesophageal Doppler monitor, it was possible to obtain additional information, such as pre-load and cardiac contractility.

The increase in atrial pressures during surgical manipulation can be explained by the anatomical distortion of the dislocated heart, especially close to atrioventricular valves, causing partial flow obstruction or valvular insufficiency. It can also be explained by migration of the catheter to an inadequate position, therefore detecting wrong pressures. Note that atrial pressure measurements are highly influenced by cham-

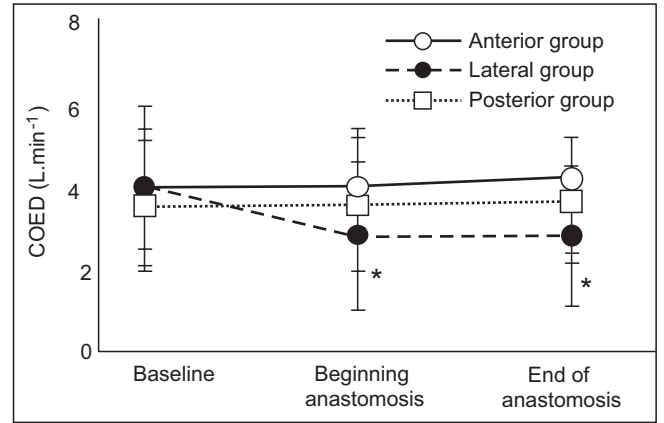
**Table II** – Hemodynamic Data. Results of Two-Way ANOVA with Repetition

	Times			p		
	Baseline	Beginning anastomosis	End of anastomosis	Between groups	Between times	Interaction
Mean Arterial Pressure(mmHg)				0.47	0.46	0.37
Ant	69.59 ± 9.86	71.28 ± 9.02	69.06 ± 8.61			
Lat	69.21 ± 9.15	66.50 ± 5.36	66.93 ± 8.40			
Post	68.55 ± 11.61	73.36 ± 8.95	70.36 ± 7.72			
Pulmonary Artery Occlusion Pressure (mmHg)				0.22	< 0.001 *	0.09
Ant	17.72 ± 5.95	18.88 ± 6.09	18.78 ± 5.57			
Lat	16.71 ± 6.58	17.21 ± 5.98	18.07 ± 5.76			
Post	18.64 ± 6.04	22.55 ± 7.39	22.64 ± 6.00			
Central Venous Pressure (mmHg)				0.10	< 0.01 *	0.69
Ant	13.09 ± 4.99	13.72 ± 5.02	14.00 ± 5.02			
Lat	13.93 ± 6.06	14.86 ± 7.08	14.93 ± 6.90			
Post	16.18 ± 5.62	18.36 ± 6.07	18.55 ± 6.98			
Mixed Venous Oxygen Saturation (%)				0.89	0.08	0.16
Ant	75.13 ± 8.82	74.83 ± 8.77	74.67 ± 9.25			
Lat	78.86 ± 6.77	75.50 ± 9.85	73.71 ± 10.92			
Post	75.82 ± 9.89	76.73 ± 8.63	75.27 ± 10.47			
Intermittent Cardiac Output (L.min <sup>-1</sup> )				0.90	< 0.001 *	0.07
Ant	4.46 ± 1.267	4.36 ± 1.12	4.26 ± 1.08			
Lat	5.13 ± 1.72	4.01 ± 1.61	4.42 ± 1.80			
Post	4.82 ± 1.49	4.13 ± 0.96	4.06 ± 1.08			
Semi-continuous Cardiac Output (STAT mode) (L.min <sup>-1</sup> )				0.66	0.07	0.19
Ant	5.41 ± 1.41	5.59 ± 1.41	5.41 ± 1.37			
Lat	6.07 ± 1.73	5.81 ± 1.57	5.54 ± 1.77			
Post	5.29 ± 1.38	5.43 ± 1.33	5.20 ± 1.59			
Cardiac Output by Transesophageal Doppler (L.min <sup>-1</sup> )				0.15	0.19	0.02 *
Ant	4.03 ± 1.48	4.08 ± 1.44	4.29 ± 1.86			
Lat	4.08 ± 1.99	2.84 ± 1.81	2.86 ± 1.73			
Post	3.59 ± 1.62	3.61 ± 1.66	3.71 ± 1.56			
Right Ventricular End-diastolic Volume Index (mL.m <sup>-2</sup> )				0.50	0.61	0.08
Ant	124.47 ± 29.19	123.57 ± 29.07	125.17 ± 33.52			
Lat	147.08 ± 48.74	137.46 ± 53.29	131.92 ± 32.55			
Post	124.73 ± 38.57	134.91 ± 59.08	130.64 ± 49.42			
Aortic Blood Flow (L.min <sup>-1</sup> )				0.16	0.19	0.01 *
Ant	2.82 ± 1.03	2.88 ± 1.01	3.00 ± 1.30			
Lat	2.85 ± 1.39	1.99 ± 1.26	2.00 ± 1.21			
Post	2.51 ± 1.13	2.53 ± 1.16	2.59 ± 1.09			
Rate-corrected Left Ventricular Ejection Time (ms)				0.60	0.07	0.86
Ant	339.34 ± 63.74	341.50 ± 48.78	363.50 ± 62.73			
Lat	349.14 ± 55.72	330.07 ± 69.18	356.14 ± 77.38			
Post	326.82 ± 65.93	324.73 ± 69.86	341.36 ± 42.08			
Peak Velocity (cm.s <sup>-1</sup> )				0.81	0.5	0.02 *
Ant	42.75 ± 13.39	42.53 ± 13.45	41.56 ± 13.91			
Lat	49.43 ± 17.10	41.57 ± 16.17	41.43 ± 16.68			
Post	41.82 ± 13.43	47.55 ± 15.04	45.45 ± 11.15			

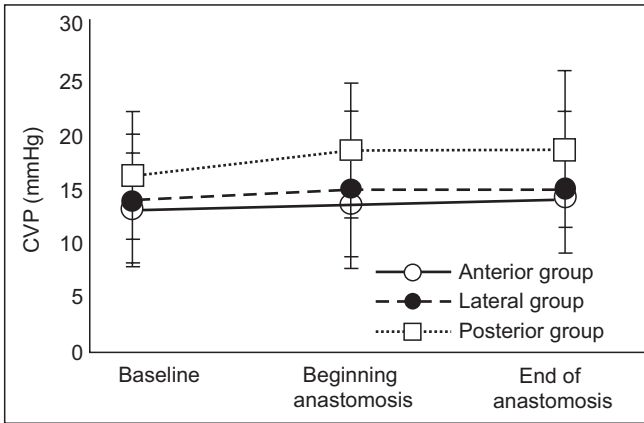
\*statistically significant; Ant: anterior wall (distal anastomoses of the anterior descending coronary artery [AD] and diagonal artery [DI]); Lat: lateral wall (distal anastomosis of the left marginal artery); Post: posterior wall (distal anastomosis of the right coronary artery or its posterior branches).



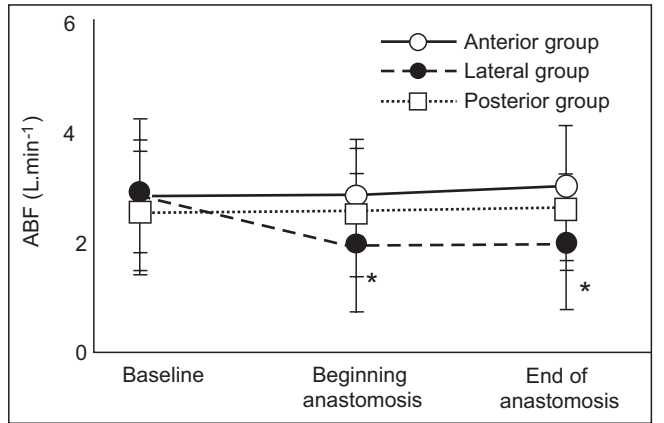
**Figure 1** – Pulmonary Artery Occlusion Pressure (mean and SD, in mmHg).  $p < 0.001$  for initial and final times when compared to baseline levels. A significant difference between groups was not observed.



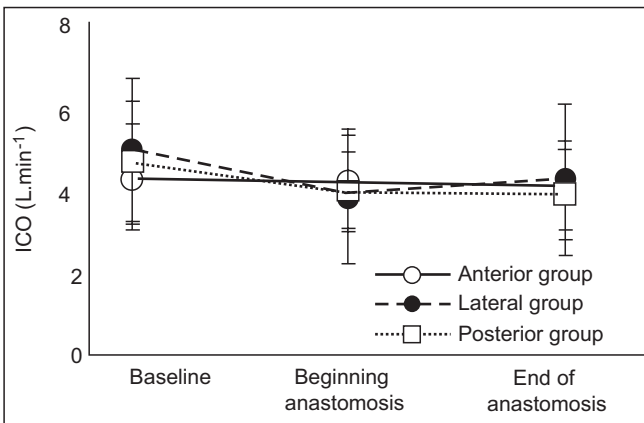
**Figure 4** – Cardiac Output by Transesophageal Doppler (mean and SD, in L.min<sup>-1</sup>). \*  $p = 0.02$  in the lateral group for initial and final times when compared to baseline levels.



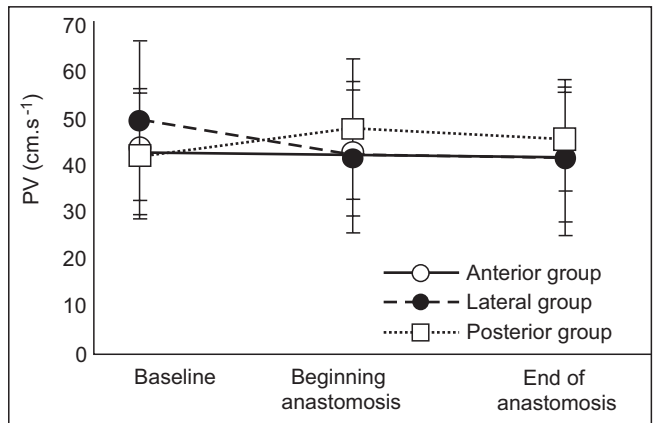
**Figure 2** – Central Venous Pressure (mean and SD, in mmHg).  $p = 0.007$ , for the initial time, and  $0.006$ , for the final time, when compared to baseline levels. A significant difference between groups was not observed.



**Figure 5** – Aortic Blood Flow (mean and SD, in L.min<sup>-1</sup>). \*  $p = 0.02$  in the lateral group for initial and final times when compared to baseline levels.



**Figure 3** – Intermittent Cardiac Output (mean and SD, in L.min<sup>-1</sup>).  $p < 0.001$  for initial and final times when compared to baseline levels. A significant difference between groups was not observed.



**Figure 6** – Peak Velocity Levels (mean and SD, in cm.s<sup>-1</sup>). A significant difference between groups or times was not observed.

ber complacency, which might have changed by the greater alteration in cardiac axis in these situations.

A statistically significant group-time interaction was observed for some parameters obtained by transesophageal Doppler: aortic blood flow and cardiac output derived from this flow, in addition to peak velocity. The former, along with the level of maximal acceleration of aortic blood flow, is an indicator of myocardial contractility, which correlates to the  $dP/dt$  index obtained by left ventricular catheterization<sup>4</sup>.

Analysis of the left cardiac output by analyzing the aortic blood flow with Doppler can provide the flow value effectively directed to the target-organ perfusion. For this monitor, manipulation of the heart could have less influence on cardiac output, but we observed that manipulation with surgical instruments occasionally compressed or dislocated the thoracic aorta, especially during procedures on postero-lateral walls of the heart.

Other parameters that indicate cardiac pre-load were analyzed, such as RVEDVI, obtained with the pulmonary artery catheter, and cLVET obtained with the transesophageal Doppler monitor. As these indices did not show any changes between the study groups during the procedure, it could be an indication of volemic adjustment efficacy.

Hemodynamic data of interest were collected at two distinct times: immediately after surgical positioning and after approximately 5 minutes. These times were chosen because the first one would indicate initial hemodynamic instability, and the second would represent a relative stabilization of the parameters in the position set. Coronary anastomoses were performed in different sites in the three study groups. However, procedures within each group also could vary if performed in more proximal or distal sites in the same coronary artery. Besides, the order of anastomosis was not uniform, but established by the surgical team. It was not possible to indicate whether the time for hemodynamic recovery of baseline data would have been enough.

Myocardial revascularization without ECC has been improving, both in surgical technique and anesthetic management and monitoring. Current studies provide new information describing the behavior of hemodynamic parameters in this specific condition of instability.

In summary, significant hemodynamic changes were observed during myocardial revascularization without ECC, with increase in PoAP and CVP, and reduction in ICO. Reduction in COED and ABF was only observed in distal coronary anastomosis performed on the lateral wall.



# Alterações Hemodinâmicas durante a Revascularização do Miocárdio sem Utilização de Circulação Extracorpórea

Silvia Minhye Kim <sup>1</sup>, Luiz Marcelo Sá Malbouisson <sup>2</sup>, José Otávio Costa Auler Jr. <sup>3</sup>, Maria José Carvalho Carmona <sup>4</sup>

**Resumo:** Kim SM, Malbouisson LMS, Auler Jr. JOC, Carmona MJC – Alterações Hemodinâmicas durante a Revascularização do Miocárdio sem Utilização de Circulação Extracorpórea.

**Justificativa e objetivos:** O posicionamento e a estabilização cardíaca durante a revascularização miocárdica sem circulação extracorpórea (CEC) podem causar alterações hemodinâmicas de acordo com o local abordado. O objetivo deste estudo foi avaliar essas alterações durante a realização das anastomoses coronarianas distais.

**Métodos:** Vinte pacientes adultos submetidos à revascularização do miocárdio sem CEC receberam monitoração com cateter de artéria pulmonar e ecodoppler transesofágico. Os dados hemodinâmicos foram coletados: (1) após ajustes volêmicos, (2) no início das anastomoses distais e (3) após 5 minutos, antes da remoção do estabilizador de parede. As coronárias tratadas foram agrupadas segundo sua localização: na parede lateral, anterior ou posterior. Realizaram-se ANOVA de duplo fator com repetição e pós-teste de Newman-Keuls. Considerou-se significativo  $p < 0,05$ .

**Resultados:** Durante a revascularização do miocárdio sem CEC, a pressão de oclusão de artéria pulmonar elevou-se de  $17,7 \pm 6,1$  para  $19,2 \pm 6,5$  ( $p < 0,001$ ) e  $19,4 \pm 5,9$  mmHg ( $p < 0,001$ ), enquanto a pressão venosa central de  $13,9 \pm 5,4$  subiu para  $14,9 \pm 5,9$  ( $p = 0,007$ ) e  $15,1 \pm 6,0$  mmHg ( $p = 0,006$ ). O débito cardíaco intermitente sofreu redução de  $4,70 \pm 1,43$  para  $4,23 \pm 1,22$  ( $p < 0,001$ ) e  $4,26 \pm 1,27$  L.min<sup>-1</sup> ( $p < 0,001$ ). Houve interação grupo-tempo significativa no débito cardíaco obtido por Doppler transesofágico, que sofreu redução no grupo lateral de  $4,08 \pm 1,99$  para  $2,84 \pm 1,81$  ( $p = 0,02$ ) e  $2,86 \pm 1,73$  L.min<sup>-1</sup> ( $p = 0,02$ ), e no fluxo sanguíneo aórtico, de  $2,85 \pm 1,39$  para  $1,99 \pm 1,26$  ( $p = 0,02$ ) e  $2,00 \pm 1,21$  L.min<sup>-1</sup> ( $p = 0,02$ ). Não se observaram outras alterações hemodinâmicas durante as anastomoses.

**Conclusões:** Houve deterioração hemodinâmica significativa durante a revascularização do miocárdio sem CEC. Com o Doppler transesofágico detectou-se redução do débito cardíaco apenas no grupo lateral.

**Unitermos:** CIRURGIA, Cardíaca, Vascular; EQUIPAMENTOS: Oxigenador, Circulação Extracorpórea; EXAMES DIAGNÓSTICOS: Ecocardiografia, transesofágica; MONITORAÇÃO; TÉCNICAS DE MEDIÇÃO, Hemodinâmica.

**Suporte Financeiro:** Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Auxílio à Pesquisa, Processo nº 03/07092-6.

[Rev Bras Anesthesiol 2011;61(4): 434-446] ©Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob a licença de CC BY-NC-ND

## INTRODUÇÃO

Alterações hemodinâmicas importantes podem ocorrer durante a revascularização do miocárdio realizada sem o uso da circulação extracorpórea (CEC), período em que o coração deve manter sua função de bomba enquanto está sendo

operado e manipulado. Ao se prevenir as eventuais alterações e se dispor de monitoração contínua e de resposta rápida, é possível o pronto reconhecimento da instabilidade hemodinâmica, oportunizando a otimização da função cardíaca para reduzir o sofrimento e a sobrecarga do coração frente à manipulação externa <sup>1-3</sup>.

Monitores hemodinâmicos têm sido desenvolvidos para proporcionar informações sobre a função cardíaca. Cateteres de artéria pulmonar com filamento térmico são capazes de mensurar a fração de ejeção do ventrículo direito e, a partir de então, o volume diastólico final. A ecocardiografia transesofágica intraoperatória permite visualizar diretamente as câmaras cardíacas para obter os volumes e pressões durante o ciclo cardíaco. O Doppler transesofágico de aorta pode informar, a partir da análise do fluxo sanguíneo aórtico, o débito cardíaco e o tempo de ejeção ventricular <sup>4</sup>. Nas situações de mudança das condições hemodinâmicas, a saturação venosa mista de oxigênio (SvO<sub>2</sub>) pode alterar-se rapidamente <sup>5</sup>, em função do aumento da extração periférica de oxigênio. Analisando a SvO<sub>2</sub> em conjunto com o fluxo sanguíneo aórtico é possível obter informações adicionais relacionadas à função cardíaca e à oferta periférica de oxigênio durante a agressão ao coração.

Recebido do Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP).

1. Doutora em Ciências; Médica-assistente do Instituto do Câncer do Estado de São Paulo Octavio Frias de Oliveira
2. Doutor em Ciências; Médico-supervisor da Unidade de Terapia Intensiva e Recuperação Pós-anestésica da Disciplina de Anestesiologia do Hospital das Clínicas da FMUSP; Orientador do Programa de Pós-Graduação em Anestesiologia da FMUSP
3. Professor Livre-docente; Professor Titular da FMUSP, Departamento de Cirurgia; Disciplina de Anestesiologia
4. Professora Livre-docente; Professora Associada da Disciplina de Anestesiologia da FMUSP; Diretora da Divisão de Anestesia do Instituto Central do Hospital das Clínicas da FMUSP

Submetido em 29 de julho de 2010.  
Aprovado para publicação em 4 de janeiro de 2011.

Correspondência para:  
Dr.<sup>a</sup> Silvia Minhye Kim Secretária de Anestesia  
Av. Dr. Enéas de Carvalho Aguiar, 44, 2º andar  
Cerqueira César  
05403-000 – São Paulo, SP, Brasil  
E-mail: silviakim@hotmail.com

Este estudo teve por objetivo avaliar as alterações hemodinâmicas que ocorrem durante a realização das anastomoses coronarianas distais na cirurgia de revascularização do miocárdio sem CEC, considerando-se as diferentes paredes cardíacas abordadas.

## MÉTODO

O protocolo de pesquisa foi aprovado pela Comissão Científica do Instituto do Coração e pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa (CAPPesq) da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da USP.

No período da pesquisa, foram avaliados candidatos adultos à cirurgia eletiva de revascularização miocárdica sem CEC, de ambos os sexos. O risco cirúrgico foi estratificado segundo os critérios de Higgins<sup>6</sup>, sendo admitidos ao estudo apenas pacientes com risco mínimo a moderado. Os critérios de inclusão foram idade < 80 anos, função renal dentro dos limites de normalidade ou creatinina < 1,4 mg.dL<sup>-1</sup> e função ventricular dentro dos parâmetros normais (fração de ejeção > ou igual a 50%), avaliadas pelo ecocardiograma ou pela ventriculografia. Foram excluídos pacientes candidatos a reoperações cardíacas, portadores de valvopatias associadas à insuficiência coronária ou com diagnóstico de doença pulmonar obstrutiva crônica.

Para se detectarem diferenças de medidas entre os grupos com nível de significância de 0,05, estabeleceu-se que 20 pacientes seriam estudados, considerando-se que, em média, seriam realizadas três anastomoses coronarianas em cada paciente. O estudo consistiu na análise dos parâmetros da monitoração hemodinâmica obtidos durante o procedimento de anastomose distal em cada artéria coronariana abordada. Os dados obtidos foram agrupados segundo a localização do procedimento cirúrgico: na parede anterior (anastomoses distais das artérias coronárias descendentes anteriores – DA – e diagonal – DI), lateral (anastomose distal da artéria marginal esquerda) ou posterior (anastomose distal da artéria coronária direita ou de seus ramos posteriores).

A decisão para se realizar o procedimento cirúrgico sem a utilização de CEC, as artérias a serem abordadas e a ordem de revascularização foram estabelecidas pelo cirurgião cardíaco. Os procedimentos foram realizados por duas equipes de cirurgias cardíacas. Quando houve mudança de conduta durante a cirurgia, indicando-se a utilização de CEC, o paciente foi excluído do estudo.

Determinou-se um período mínimo de jejum alimentar de 8 horas e a medicação pré-anestésica consistiu de midazolam na dose de 7,5 mg por via oral, 30 minutos antes da operação. Na sala de cirurgia, os pacientes foram monitorados com eletrocardiografia, oximetria de pulso e pressão arterial invasiva. A indução da anestesia geral foi realizada com a administração titulada de sufentanil até dose de 0,5 µg.kg<sup>-1</sup> e propofol (até a perda dos reflexos) ou etomidato (0,2 mg.kg<sup>-1</sup>). O relaxamento muscular foi obtido com brometo de pancurônio na dose de 0,1 mg.kg<sup>-1</sup> ou atracúrio 0,5 mg.kg<sup>-1</sup>. A anestesia foi mantida com concentrações variáveis de isoflu-

rano (FE de 0,7% a 0,9%) e *bolus* intermitentes de sufentanil até completar 1,0 µg.kg<sup>-1</sup> de dose total.

Após a intubação traqueal e a instalação de ventilação controlada mecânica, realizou-se a punção da veia jugular interna direita para a passagem de cateter de artéria pulmonar calibre 7,5 F com filamento térmico (CCO catheter, Baxter Edwards Critical Care, Irvine, CA, EUA), através de introdutor 8,5 F. O cateter foi então conectado ao monitor Vigilance (Baxter Edwards Critical Care, Irvine, CA, EUA) para registro contínuo de débito cardíaco, calculado a partir de um padrão de sinais emitidos pelo filamento térmico e detectados pelo termistor na ponta do cateter. O débito cardíaco obtido após a emissão de cada pulso de sinais, aproximadamente a cada 30 a 60 segundos, é registrado na tela STAT do monitor.

Introduziu-se por via oral uma sonda esofágica com transdutores de Doppler e ecografia em modo M (Hemosonic 100, Arrow International Inc., Reading, PA, EUA), protegida com camisa descartável própria. A profundidade e a rotação dos transdutores em relação à aorta torácica descendente mostraram-se adequadas, buscando-se o traçado Doppler característico do fluxo sanguíneo aórtico e a imagem das paredes da aorta na ecografia. O método permite a obtenção de ecografia em modo M das paredes anterior e posterior da aorta torácica descendente, visando à aferição do diâmetro da aorta e à realização do Doppler de velocidade do fluxo aórtico, a partir do qual é obtida a distância percorrida pelo sangue ejetado na sístole e, então, calculados o volume sistólico aórtico e o débito cardíaco.

No período anterior ao início das anastomoses coronarianas, realizou-se ajuste da volemia com 10 mL.kg<sup>-1</sup> de solução de hidroxietilamido 130/0,4 a 6% (Voluven, Fresenius Kabi, Bad Homburg, Alemanha) e solução de lactato de Ringer, até atingir estabilização hemodinâmica, tendo por objetivo obter um índice cardíaco medido por termodiluição intermitente > 3,0 L.min<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>.

O agente inotrópico de escolha para os casos em que, apesar da otimização volêmica os valores de débito cardíaco permanecessem diminuídos, foi a dobutamina. Em caso de necessidade de vasodilatação, infusões contínuas de soluções de nitroprussiato ou nitroglicerina poderiam ser utilizadas. Para ajustes rápidos da pressão arterial, era administrado um *bolus* de 4 µg de noradrenalina em caso de hipotensão ou 200 µg de nitroglicerina em caso de hipertensão arterial.

A avaliação hemodinâmica foi realizada nos seguintes momentos da cirurgia:

**Basal:** após esternotomia, estabilização cardiovascular e otimização da volemia, sendo considerada medida basal para a primeira anastomose e repetida antes de cada anastomose, antes do posicionamento do coração.

**Início da Anastomose:** no início da anastomose coronariana, com o dispositivo estabilizador da parede miocárdica Octopus (Medtronic, Inc., Minneapolis, MN, EUA) posicionado.

**Final da Anastomose:** após 5 minutos do início da anastomose, próximo à finalização e antes da retirada do Octopus.



As variáveis hemodinâmicas analisadas foram: frequência cardíaca (FC), pressão arterial média (PAM), pressão de artéria pulmonar média (PAPM), pressão de oclusão de artéria pulmonar (PoAP), pressão venosa central (PVC), saturação venosa mista de oxigênio (SVO<sub>2</sub>), débito cardíaco intermitente (DCI), débito cardíaco semicontínuo – STAT (DCS), volume diastólico final de ventrículo direito indexado (VDFVDi), débito cardíaco por Doppler transesofágico (DCDE), fluxo sanguíneo aórtico (FSA), tempo de ejeção de ventrículo esquerdo corrigido (TEVEc), pico de velocidade (PV) e aceleração máxima (AM).

No momento de cada avaliação foram registrados os valores de débito cardíaco indicados pelo monitor Vigilance no modo *STAT*. Em seguida, foram realizadas as medidas de débito cardíaco por termodiluição utilizando injeção de *bolus* de 10 mL de solução de glicose a 5% em temperatura ambiente. As curvas de termodiluição foram avaliadas e o resultado registrado considerou a média de três medidas consecutivas.

As variáveis contínuas são apresentadas como média  $\pm$  desvio-padrão e foram comparadas usando ANOVA de duplo fator com repetição. Esse método incluiu os fatores GRUPO (parede lateral, anterior ou posterior) e TEMPO (basal, inicial ou final) e a interação GRUPO-TEMPO. Quando diferenças significativas foram encontradas, o pós-teste de Newman-Keuls foi usado para comparações múltiplas entre os tempos e o teste de Tukey para comparações múltiplas entre grupos. O valor de *p* inferior a 0,05 foi considerado estatisticamente significativo.

## RESULTADOS

Foram incluídos 20 pacientes no estudo, 15 homens e cinco mulheres, com idades entre 39 e 79 anos. Os dados antropométricos e cirúrgicos são apresentados na Tabela I. O risco cirúrgico da revascularização miocárdica foi avaliado para cada paciente seguindo os critérios propostos por Higgins<sup>6</sup>, sendo que nesse escore de avaliação alguns dos fatores que poderiam representar alta mortalidade pós-operatória já faziam parte dos critérios de exclusão do estudo.

Duas a quatro anastomoses coronarianas distais foram realizadas em cada paciente, obtendo-se, assim, um total de 57 anastomoses coronarianas avaliadas. Dentre as artérias tratadas, houve maior número de procedimentos sobre aquelas que compunham o grupo anterior, sendo 19 da descendente anterior (DA) e 13 da diagonal (DI). O grupo lateral foi composto por 14 anastomoses nas artérias marginais (Mg e Mg2) e o grupo posterior por 11 anastomoses em ramos posteriores das artérias coronárias direita (CD) ou ventriculares posteriores (VP).

As anastomoses coronarianas duraram, em média, 5,7 minutos (DP = 1,6 minutos) e os intervalos entre elas variaram de 6 a 79 minutos, tempo necessário para o posicionamento do coração para o procedimento seguinte ou para a realização das anastomoses proximais. A ordem de realização das anastomoses não foi uniforme e seguiu a indicação estabelecida pela equipe cirúrgica para cada caso. Os dados hemodinâmicos são apresentados na Tabela II.

**Tabela I – Dados Demográficos e Cirúrgicos**

	n
Sexo (M/F)	15 / 5
Idade (39 a 79 anos) *	61,7 $\pm$ 10,4
Superfície corporal (m <sup>2</sup> ) *	1,76 $\pm$ 0,19
Risco cirúrgico	
Mínimo	9
Baixo	11
Anastomose coronariana	
2 artérias	
DA + Mg	3
DA + DI	3
DA + CD	1
3 artérias	
DA + DI + Mg	4
DA + DI + VP/CD	3
DA + Mg + CD	1
Mg + Mg2 + CD	1
4 artérias	
DA + DI + Mg + VP/CD	3

Artérias coronárias: DA: descendente anterior, DI: diagonal, Mg: marginal, CD: coronária direita, VP/CD: ventricular posterior da coronária direita.

Houve alteração significativa da PoAP (Figura 1) que, do valor basal de 17,7  $\pm$  6,1 elevou-se no tempo inicial da anastomose para 19,2  $\pm$  6,5 mmHg (*p* < 0,001) e no tempo final para 19,4  $\pm$  5,9 mmHg (*p* < 0,001), e da PVC (Figura 2) de 13,9  $\pm$  5,4 para 14,9  $\pm$  5,9 mmHg (*p* = 0,007) e 15,1  $\pm$  6,0 mmHg (*p* = 0,006). Não houve, no entanto, diferença entre os grupos.

O DCI (Figura 3) sofreu redução de 4,70  $\pm$  1,43 para 4,23  $\pm$  1,22 L.min<sup>-1</sup> (*p* < 0,001) e para 4,26  $\pm$  1,27 L.min<sup>-1</sup> (*p* < 0,001), sem diferença entre os grupos. Houve interação grupo-tempo estatisticamente significativa no DCDE (Figura 4), que sofreu redução no grupo lateral de 4,08  $\pm$  1,99 para 2,84  $\pm$  1,81 L.min<sup>-1</sup> (*p* = 0,02) e 2,86  $\pm$  1,73 L.min<sup>-1</sup> (*p* = 0,02). O FSA é usado no cálculo do DCDE e, devido a esse acoplamento, matemático também apresentou interação significativa (*p* = 0,01, Figura 5) e a redução foi detectada na parede lateral, de 2,85  $\pm$  1,39 para 1,99  $\pm$  1,26 L.min<sup>-1</sup> (*p* = 0,02) e para 2,00  $\pm$  1,21 L.min<sup>-1</sup> (*p* = 0,02).

O PV também apresentou interação grupo-tempo significativa no teste de ANOVA (*p* = 0,02, Figura 6), mas o pós-teste de comparações múltiplas de Newman-Keuls não encontrou diferença estatisticamente significativa nos grupos ou tempos.

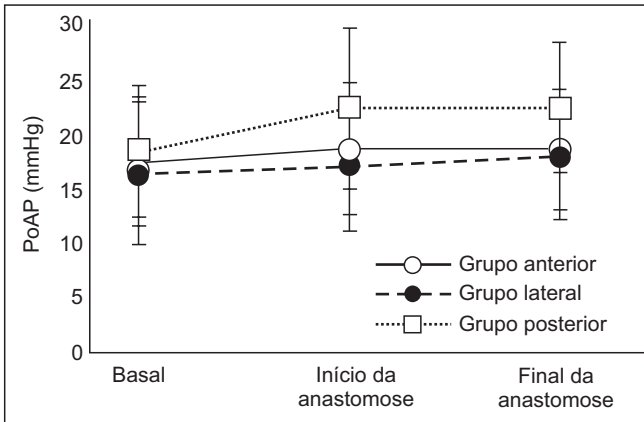
## DISCUSSÃO

Alterações hemodinâmicas significativas ocorreram durante a cirurgia de revascularização do miocárdio sem CEC, com elevação da PoAP e PVC e redução do débito cardíaco obtido por termodiluição intermitente (DCI). Com a utilização do moni-

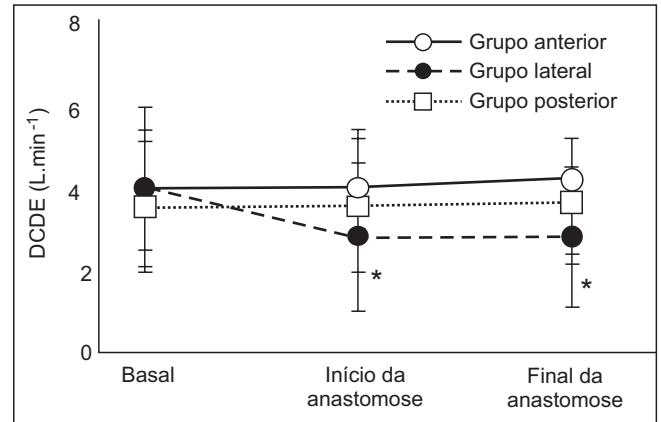
**Tabela II** – Dados Hemodinâmicos. Resultados de ANOVA de Duplo Fator com Repetição

	Tempos			p		
	Basal	Início da anastomose	Final da anastomose	Entre grupos	Entre tempos	Interação
Pressão Arterial Média (mmHg)				0,47	0,46	0,37
Ant	69,59 ± 9,86	71,28 ± 9,02	69,06 ± 8,61			
Lat	69,21 ± 9,15	66,50 ± 5,36	66,93 ± 8,40			
Post	68,55 ± 11,61	73,36 ± 8,95	70,36 ± 7,72			
Pressão de Oclusão de Artéria Pulmonar (mmHg)				0,22	< 0,001 *	0,09
Ant	17,72 ± 5,95	18,88 ± 6,09	18,78 ± 5,57			
Lat	16,71 ± 6,58	17,21 ± 5,98	18,07 ± 5,76			
Post	18,64 ± 6,04	22,55 ± 7,39	22,64 ± 6,00			
Pressão venosa central (mmHg)				0,10	< 0,01 *	0,69
Ant	13,09 ± 4,99	13,72 ± 5,02	14,00 ± 5,02			
Lat	13,93 ± 6,06	14,86 ± 7,08	14,93 ± 6,90			
Post	16,18 ± 5,62	18,36 ± 6,07	18,55 ± 6,98			
Saturação venosa mista de oxigênio (%)				0,89	0,08	0,16
Ant	75,13 ± 8,82	74,83 ± 8,77	74,67 ± 9,25			
Lat	78,86 ± 6,77	75,50 ± 9,85	73,71 ± 10,92			
Post	75,82 ± 9,89	76,73 ± 8,63	75,27 ± 10,47			
Débito cardíaco intermitente (L.min <sup>-1</sup> )				0,90	< 0,001 *	0,07
Ant	4,46 ± 1,267	4,36 ± 1,12	4,26 ± 1,08			
Lat	5,13 ± 1,72	4,01 ± 1,61	4,42 ± 1,80			
Post	4,82 ± 1,49	4,13 ± 0,96	4,06 ± 1,08			
Débito cardíaco semicontínuo (modo STAT) (L.min <sup>-1</sup> )				0,66	0,07	0,19
Ant	5,41 ± 1,41	5,59 ± 1,41	5,41 ± 1,37			
Lat	6,07 ± 1,73	5,81 ± 1,57	5,54 ± 1,77			
Post	5,29 ± 1,38	5,43 ± 1,33	5,20 ± 1,59			
Débito cardíaco por Doppler esofágico (L.min <sup>-1</sup> )				0,15	0,19	0,02 *
Ant	4,03 ± 1,48	4,08 ± 1,44	4,29 ± 1,86			
Lat	4,08 ± 1,99	2,84 ± 1,81	2,86 ± 1,73			
Post	3,59 ± 1,62	3,61 ± 1,66	3,71 ± 1,56			
Volume diastólico final de ventrículo direito indexado (mL.m <sup>-2</sup> )				0,50	0,61	0,08
Ant	124,47 ± 29,19	123,57 ± 29,07	125,17 ± 33,52			
Lat	147,08 ± 48,74	137,46 ± 53,29	131,92 ± 32,55			
Post	124,73 ± 38,57	134,91 ± 59,08	130,64 ± 49,42			
Fluxo sanguíneo aórtico (L.min <sup>-1</sup> )				0,16	0,19	0,01 *
Ant	2,82 ± 1,03	2,88 ± 1,01	3,00 ± 1,30			
Lat	2,85 ± 1,39	1,99 ± 1,26	2,00 ± 1,21			
Post	2,51 ± 1,13	2,53 ± 1,16	2,59 ± 1,09			
Tempo de ejeção de ventrículo esquerdo, corrigido (ms)				0,60	0,07	0,86
Ant	339,34 ± 63,74	341,50 ± 48,78	363,50 ± 62,73			
Lat	349,14 ± 55,72	330,07 ± 69,18	356,14 ± 77,38			
Post	326,82 ± 65,93	324,73 ± 69,86	341,36 ± 42,08			
Pico de velocidade (cm.s <sup>-1</sup> )				0,81	0,5	0,02 *
Ant	42,75 ± 13,39	42,53 ± 13,45	41,56 ± 13,91			
Lat	49,43 ± 17,10	41,57 ± 16,17	41,43 ± 16,68			
Post	41,82 ± 13,43	47,55 ± 15,04	45,45 ± 11,15			

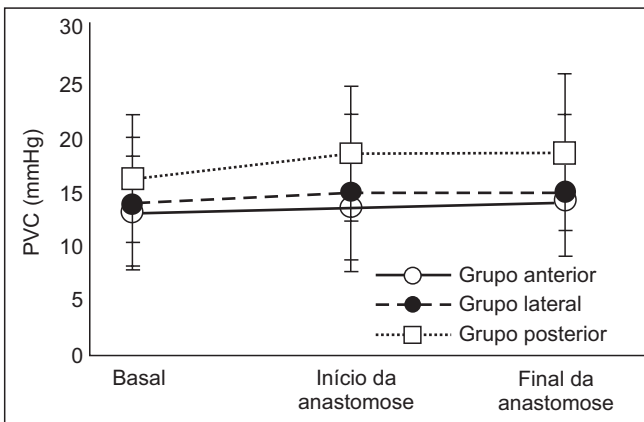
\* Estatisticamente significativo; Ant: parede anterior (anastomoses distais das artérias coronárias descendentes anteriores – DA – e diagonal – DI); Lat: parede lateral (anastomose distal da artéria marginal esquerda); Post: parede posterior (anastomose distal da artéria coronária direita ou de seus ramos posteriores).



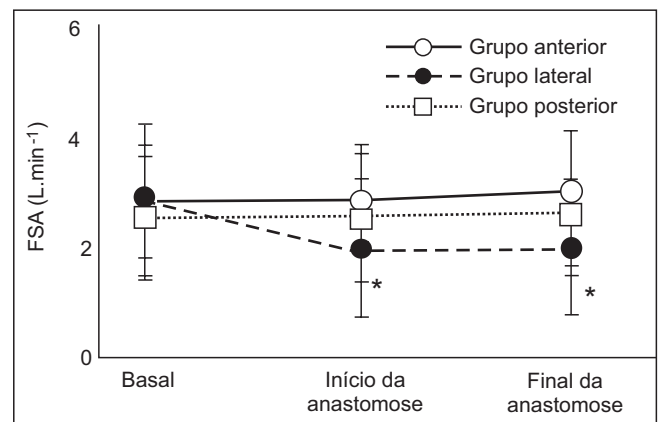
**Figura 1** – Valores de Pressão de Oclusão de Artéria Pulmonar (média e DP, em mmHg).  $p < 0,001$  para os tempos inicial e final em comparação ao basal. Não houve diferença significativa entre os grupos.



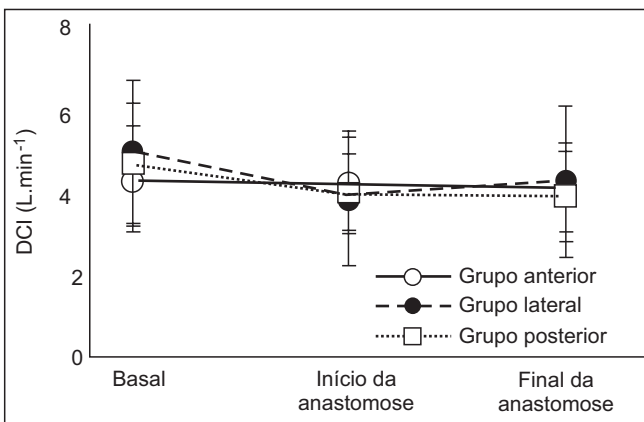
**Figura 4** – Valores de Débito Cardíaco por Doppler Esofágico (média e DP, em L.min<sup>-1</sup>). \*  $p = 0,02$  no grupo lateral para os tempos inicial e final em comparação com o basal.



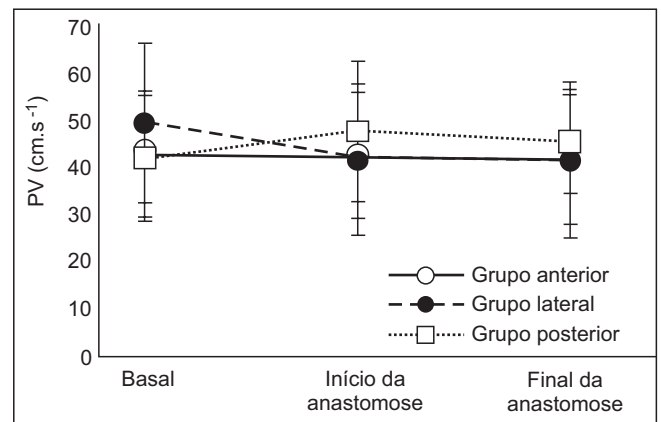
**Figura 2** – Valores de Pressão Venosa Central (média e DP, em mmHg).  $p = 0,007$  para o tempo inicial e  $0,006$  para o final, em comparação com o tempo basal. Não houve diferença significativa entre os grupos.



**Figura 5** – Valores de Fluxo Sanguíneo Aórtico (média e DP, em L.min<sup>-1</sup>). \*  $p = 0,02$  no grupo lateral para os tempos inicial e final em comparação com o basal.



**Figura 3** – Valores de Débito Cardíaco Intermitente (média e DP, em L.min<sup>-1</sup>).  $p < 0,001$  para os tempos inicial e final em comparação ao basal. Não houve diferença significativa entre os grupos.



**Figura 6** – Valores de Pico de Velocidade (média e DP, em cm.s<sup>-1</sup>). Não houve diferença significativa entre grupos ou tempos.

tor de Doppler transesofágico, observou-se redução do débito cardíaco e do FSA nos procedimentos sobre a parede lateral.

Outros estudos demonstraram alterações hemodinâmicas mais significativas nas abordagens das artérias nas paredes posterior e lateral<sup>7-13</sup>, expressas principalmente pela variação das pressões atriais e diastólicas finais de ventrículo direito. Nossos resultados confirmam essas observações e, com a aplicação do monitor de Doppler transesofágico, foi possível obter informações com parâmetros adicionais de pré-carga e contratilidade cardíaca.

O aumento das pressões atriais durante a manipulação cirúrgica pode ser explicado pela distorção anatômica do coração luxado, principalmente nas proximidades das válvulas atrioventriculares, acarretando obstrução parcial ao fluxo sanguíneo ou insuficiências valvares. Poderia ser explicado também pela migração do cateter para um posicionamento inadequado, detectando pressões errôneas. Deve-se lembrar que as medidas de pressões atriais sofrem grande influência também da complacência das câmaras, que pode ter sido modificada pela maior alteração do eixo cardíaco nessas situações.

Houve interação grupo-tempo estatisticamente significativa em alguns parâmetros obtidos por Doppler transesofágico: fluxo sanguíneo aórtico e débito cardíaco derivado desse fluxo, além de pico de velocidade. O último, junto com o valor de aceleração máxima do fluxo sanguíneo aórtico, é um indicador de contratilidade miocárdica que se correlaciona bem com o índice de  $dP/dt$  obtido por cateterização de ventrículo esquerdo<sup>4</sup>.

A análise do débito cardíaco esquerdo, por meio da análise do fluxo sanguíneo aórtico com Doppler, pode fornecer o valor do fluxo efetivamente direcionado para a perfusão de órgãos-alvo. A mobilização do coração poderia representar para esse monitor menor influência no valor de débito cardíaco, mas observamos que manipulações com instrumentais cirúrgicos eventualmente comprimiam ou deslocavam a aorta torácica, principalmente durante os procedimentos sobre as paredes posterolaterais do coração.

Outras variáveis indicadoras de pré-carga cardíaca foram analisadas, o VDFVDi obtido com o cateter de artéria pulmonar e o TEVEc obtido com o monitor de Doppler transesofágico. O fato de tais índices não apresentarem alteração entre os grupos estudados ou no decorrer do procedimento poderia corroborar com a eficácia das manobras de ajuste volêmico.

Os dados hemodinâmicos de interesse foram coletados em dois momentos distintos: imediatamente após o posicionamento cirúrgico e decorridos aproximadamente 5 minutos deste. A justificativa para a escolha desses dois momentos foi a de que a primeira medida identificaria a instabilidade hemodinâmica inicial e a segunda uma relativa estabilização dos parâmetros na posição instalada. Os três grupos de estudo classificaram diferentes locais de anastomose coronariana. No entanto, os procedimentos no interior de cada grupo também podiam variar se realizados em posições mais proximais ou distais em uma mesma artéria coronária. Além disso, a ordem de realização das anastomoses não era uniforme, mas estabelecida pela equipe cirúrgica. Não foi possível também precisar se o tempo para recuperação hemodinâmica das coletas basais teria sido suficiente.

A cirurgia de revascularização do miocárdio sem CEC vem-se aperfeiçoando, tanto com relação à técnica cirúrgica quanto ao manejo anestésico e à monitoração. Estudos atuais trazem novas informações descrevendo o comportamento das variáveis hemodinâmicas nessa condição específica de instabilidade.

Em resumo, alterações hemodinâmicas significativas foram detectadas durante a cirurgia de revascularização do miocárdio sem a utilização de CEC, com elevação da PoAP e da PVC e redução do DCI. A redução do DCDE e FSA foi observada apenas nas anastomoses coronarianas distais realizadas na parede lateral.

## REFERÊNCIAS / REFERENCES

- Chassot PG, van der Linden P, Zaugg M et al. – Off-pump coronary artery bypass surgery: physiology and anaesthetic management. *Br J Anaesth*, 2004;92:400-413.
- Jansen EW, Lahpor JR, Borst C et al. – Off-pump coronary bypass grafting: how to use the Octopus Tissue Stabilizer. *Ann Thorac Surg*, 1998;66:576-579.
- Grundeman PF, Borst C, van Herwaarden JA et al. – Vertical displacement of the beating heart by the octopus tissue stabilizer: influence on coronary flow. *Ann Thorac Surg*, 1998;65:1348-1352.
- Singer M – Esophageal Doppler monitoring of aortic blood flow: beat-by-beat cardiac output monitoring. *Int Anesthesiol Clin*, 1993; 31:99-125.
- Poli de Figueiredo LF, Malbouisson LM, Varicoda EY et al. – Thermal filament continuous thermodilution cardiac output delayed response limits its value during acute hemodynamic instability. *J Trauma*, 1999;47:288-293.
- Higgins TL, Estafanous FG, Loop FD et al. – Stratification of morbidity and mortality outcome by preoperative risk factors in coronary artery bypass patients. A clinical severity score. *JAMA*, 1992;267:2344-2348.
- Couture P, Denault A, Limoges P et al. – Mechanisms of hemodynamic changes during off-pump coronary artery bypass surgery. *Can J Anaesth*, 2002;49:835-849.
- D'Ancona G, Karamanoukian H, Lima R et al. – Hemodynamic effects of elevation and stabilization of the heart during off-pump coronary surgery. *J Card Surg*, 2000;15:385-391.
- Grundeman PF, Borst C, Verlaan CW et al. – Exposure of circumflex branches in the tilted, beating porcine heart: echocardiographic evidence of right ventricular deformation and the effect of right or left heart bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1999;118:316-323.
- Jansen EW, Borst C, Lahpor JR et al. – Coronary artery bypass grafting without cardiopulmonary bypass using the octopus method: results in the first one hundred patients. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1998;116:60-67.
- Mathison M, Edgerton JR, Horswell JL et al. – Analysis of hemodynamic changes during beating heart surgical procedures. *Ann Thorac Surg*, 2000;70: 1355-1361.
- Mishra M, Shrivastava S, Dhar A et al. – A prospective evaluation of hemodynamic instability during off-pump coronary artery bypass surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2003;17:452-458.
- Nierich AP, Diephuis J, Jansen EW et al. – Heart displacement during off-pump CABG: how well is it tolerated? *Ann Thorac Surg*, 2000;70:466-472.

**Resumen:** Kim SM, Malbouisson LMS, Auler Jr. JOC, Carmona MJC – Alteraciones Hemodinámicas Durante la Revascularización del Miocardio sin Utilización de Circulación Extracorpórea.

**Justificativa y objetivos:** El posicionamiento y la estabilización cardíaca durante la revascularización miocárdica sin circulación extracorpó-

rea (CEC), puede causar alteraciones hemodinámicas de acuerdo con el local abordado. El objetivo de este estudio fue evaluar esas alteraciones durante la realización de las anastomosis coronarias distales.

**Métodos:** Veinte pacientes adultos fueron sometidos a la revascularización del Miocardio sin CEC, y recibieron monitorización con catéter de arteria pulmonar y ecodoppler transesofágico. Los datos hemodinámicos fueron recolectados así: (1) posteriormente a los ajustes volémicos, (2) al inicio de las anastomosis distales y (3) después de cinco minutos antes de la retirada del estabilizador de pared. Las coronarias tratadas fueron agrupadas según su ubicación: en la pared lateral, anterior o posterior. Fue realizada ANOVA de doble factor con repetición y un nuevo test de Newman-Keuls. Se tuvo en cuenta el p mayor que 0,05.

**Resultados:** Durante la revascularización del Miocardio sin CEC, la presión de oclusión de la arteria pulmonar se elevó de  $17,7 \pm 6,1$  para  $19,2 \pm 6,5$  ( $p < 0,001$ ) y  $19,4 \pm 5,9$  mmHg ( $p < 0,001$ ), y la presión venosa central de  $13,9 \pm 5,4$  para  $14,9 \pm 5,9$  ( $p = 0,007$ ) y  $15,1 \pm 6,0$  mmHg ( $p = 0,006$ ). El débito cardíaco intermitente sufrió una reducción de  $4,70 \pm 1,43$  para  $4,23 \pm 1,22$  ( $p < 0,001$ ) y  $4,26 \pm 1,27$  L.

$\text{min}^{-1}$  ( $p < 0,001$ ). Hubo una interacción grupo-tiempo significativa en el débito cardíaco obtenido por Doppler transesofágico, que sufrió una reducción en el grupo lateral de  $4,08 \pm 1,99$  para  $2,84 \pm 1,81$  ( $p = 0,02$ ) y  $2,86 \pm 1,73$  L. $\text{min}^{-1}$  ( $p = 0,02$ ), y en el flujo sanguíneo aórtico, de  $2,85 \pm 1,39$  para  $1,99 \pm 1,26$  ( $p = 0,02$ ) y  $2,00 \pm 1,21$  L. $\text{min}^{-1}$  ( $p = 0,02$ ). No se observaron otras alteraciones hemodinámicas durante las anastomosis.

**Conclusiones:** Se produjo una deterioración hemodinámica significativa durante la revascularización del miocardio sin CEC. Con el Doppler transesofágico se detectó una reducción del débito cardíaco solamente en el grupo lateral.

**Descriptores:** CIRUGÍA: Cardíaca, Vascular; EQUIPOS: Oxigenador, Circulación Extracorpórea; EXAMENES DIAGNÓSTICOS: Ecocardiografía, transesofágica; MONITORIZACIÓN; TÉCNICAS DE MEDICIÓN: Hemodinámica.

**Soporte Financiero:** Fundación de Amparo a la Investigación del Estado de São Paulo (FAPESP), Auxilio a la Investigación con el proceso de número 03/07092-6.