



Medición de flujo coronario intraoperatorio por método de medición de tiempo de tránsito.

Primera experiencia en Colombia

Primer puesto Premio "Ramón Atalaya" Miembro de Número, Trabajos de Concurso, XX Congreso Colombiano de Cardiología, Cartagena 2003.

Juan Camilo Jaramillo G., MD.; Alberto Villegas H., MD.; Marco A. Durán O., MD.; Mario Montoya T., MD.; Gustavo González G., MD.; Juan D. Montoya M., MD.; Jorge A. Zapata S., MD.; Lucas Ramírez G., MD.; Luis Galvis, MD.; Virginia Villa, RN.; Gloria Franco, ING.

Medellín, Colombia

La medición de flujo coronario intraoperatorio por el método de tiempo de tránsito, se ha convertido en una herramienta de trabajo cotidiano en un grupo de cirugía cardiovascular, para la evaluación de la revascularización miocárdica, ya sea con o sin circulación extracorpórea.

Este trabajo muestra los resultados iniciales obtenidos de la comparación de dos grupos de pacientes, unos evaluados con flujometría intraoperatoria y otros en quienes no se realizó la evaluación por no disponer del equipo.

El grupo evaluado por flujometría consistió de 194 pacientes intervenidos quirúrgicamente para revascularización miocárdica desde enero de 2003, el cual se comparó con los últimos 200 pacientes intervenidos en el año 2002, en quienes no se realizó dicha medición, elaborando un trabajo de cohortes no aleatorizado.

Ambos grupos fueron homogéneos en cuanto a su distribución por edad, género, forma de programación (electivos, urgencias y emergencias) e incidencia del procedimiento (primero o segundo), con valores de $p > 0.05$. Con respecto a los antecedentes personales evaluados, sólo la presencia de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) (7% en el grupo de flujómetro vs. 23% en el grupo de no flujometría), y cirugía previa (16% vs. 3%), y la incidencia de *shock* cardiogénico (0% vs. 7%), tuvieron una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

No se encontró diferencia estadísticamente significativa por la presencia de infarto, tipo y tiempo del mismo, tipo de angina, clase funcional de la *New York Heart Association* (NYHA) y clase de angina de la *Canadian Cardiac Society* (CCS) (valores de $p > 0.05$).

Cuando se evaluó el *score* de riesgo de la Institución, no se encontró diferencia estadísticamente significativa (4.9 ± 4.7 vs. 5.8 ± 6), como tampoco se diferencia por el tipo de enfermedad (uno, dos y tres vasos). No hubo diferencia al evaluar el número de anastomosis realizadas en ambos grupos.

Al evaluar las complicaciones intraoperatorias, se encontró diferencia estadísticamente significativa con respecto a la oclusión de alguno de los injertos en el postoperatorio inmediato (1.5% vs. 6.25% con $p < 0.05$). Ninguno de los pacientes evaluados con flujometría, fue recateterizado en el período del postoperatorio inmediato.

La mortalidad fue significativamente menor en el grupo de pacientes evaluados mediante flujometría (3.5% vs. 5.2%, con $p < 0.05$). Igualmente, cuando se evaluó la mortalidad por score de riesgo, se encontró una diferencia estadísticamente significativa.

En promedio, los valores de flujo fueron mayores a 25 ± 10 mL/min, excepto cuando se evaluó la segunda arteria diagonal. El índice de pulsatilidad (IP) fue menor de 5 en todos los vasos evaluados.

En conclusión, la utilización de la medición de flujo, permite una adecuada evaluación intraoperatoria, en tiempo real del flujo coronario, lo cual permite agregar un control de calidad al procedimiento de revascularización, con una evidente reducción de costos y complicaciones, especialmente en relación con la obstrucción de injertos en el postoperatorio e infarto agudo del miocardio (IAM).

PALABRAS CLAVE: Flujo coronario, medición de flujo coronario, tiempo de tránsito.

Intraoperative coronary flow by Transit Time Flow Meter has become an everyday work tool in a cardiovascular surgery group for the evaluation of myocardial revascularization, either with or without extracorporeal circulation.

This study shows the initial results comparing two groups of patients; one which was evaluated by intraoperative flowmetry and the other in which no evaluation was performed due to lack of the equipment.

The group evaluated by flowmetry consisted of 194 patients operated for myocardial revascularization between January and August 2003, and was compared with the last 200 patients operated during year 2002, to whom no measurement was performed in a non-randomized cohort study.

Both groups were homogenous when evaluated by distribution, age, gender, scheduling form (elective, urgencies and emergencies), and procedure incidence (first or second), with p values < 0.05 . With regard to the evaluated past personal medical history, only presence of chronic obstructive pulmonary disease (COPD) (7% in the flowmetry group vs. 23% in the non-flowmetry group), history of previous surgery (16% vs. 3%) and cardiogenic shock incidence (0 vs. 7%) had a statistically significant difference ($p < 0.05$).

No statistically significant difference was either found by the presence of infraction, type of infraction, time of infraction, type of angina, Functional Class of the New York Heart Association (NYHA), and angina class of the Canadian Cardiac Society (CCS) (p values < 0.05).

When the Risk Score of the Institution was evaluated, no statistically significant difference was found (4.9 ± 4.7 vs. 5.8 ± 6), nor any difference was found according to the disease type (one, two or three vessels). There was also no difference when evaluating the number of anastomosis performed in both groups.

When Evaluating intraoperative complications, a statistically significant difference was found in regard to the occlusion of any of the grafts in the immediate postoperative (1.5% vs. 6.25 with $p < 0.05$). None of the patients evaluated with flowmetry was re-catheterized during the immediate postoperative period.

Mortality was significantly lower in the group of patients evaluated with flowmetry (3.5% vs. 5.2% with $p < 0.05$). Likewise, when mortality was evaluated using the risk score, a statistically significant difference was found.

The flow values were greater than 25 ± 10 mL/min, except when the second diagonal artery was evaluated. The pulsatility index (PI) was less than 5 in all evaluated vessels.

In conclusion, the utilization of flow measurement allows an adequate intraoperative evaluation in coronary flow real time, which permits to add a quality control to the revascularization procedure with an evident reduction of costs and complications, especially those related with graft obstruction in the postoperative and acute myocardial infarction AMI.

KEY WORDS: coronary flow, coronary flow measurement, transit time.

Justificación

La Clínica Cardiovascular Santa María demoró varios años buscando la tecnología adecuada que permitiera, de una manera costo-efectiva, la medición del flujo coronario durante el transoperatorio.

Luego de tener esta tecnología disponible, se consideró pertinente evaluar la utilización de dicha herramienta, tanto desde el punto de vista de los hallazgos de la flujometría como de los resultados clínicos, en un grupo específico de pacientes.

Se diseñó un trabajo de cohortes no aleatorizado, en la cual se compararon dos grupos de pacientes. Un grupo consistió de pacientes revascularizados con o sin circulación extracorpórea, que fueron evaluados mediante la medición de flujo por tiempo de tránsito (MFTT), a partir de enero de 2003. El segundo grupo consistió en un grupo comparable de pacientes intervenidos entre mayo y diciembre de 2002, en quienes no se utilizó la tecnología de MFTT por no haber estado disponible en la Institución.

Introducción

El control de calidad en medicina se ha vuelto un "caballito de batalla" para muchas instituciones, compañías aseguradoras y grupos de trabajo; sin embargo la evaluación del control de calidad en los procedimientos quirúrgicos no ha sido considerada muy frecuentemente, debido a que persiste en muchos casos el concepto de que la cirugía es un arte y no una ciencia.

El procedimiento estándar para la evaluación de la circulación arterial ha sido la arteriografía. No obstante, dicho procedimiento no es costo-efectivo para la evaluación de la cirugía de revascularización miocárdica, y como ha sido señalado por Salerno en una de sus presentaciones personales, la interpretación de los hallazgos es difícil, ya que cuando se han comparado los hallazgos tempranos con una angiografía realizada entre 3 y 6 meses postoperatorios, se ha encontrado remodelación de la anastomosis, incluso en las cuales se evidencian lesiones consideradas como significativas.

Tener como herramienta la MFTT, permite en este momento agregar el componente de control de calidad a los procedimientos que se realizan en nuestra institución. Esto permite asegurar que la cirugía de revascularización miocárdica, y eventualmente de revascularización en otros territorios de la economía

(como en los casos de cirugía vascular periférica), tienen un resultado temprano adecuado. Esto es especialmente cierto cuando la institución tiene un programa de entrenamiento en cirugía cardiovascular y vascular.

La búsqueda de una tecnología adecuada tomó varios años, pero el desarrollo de la MFTT, que está disponible desde 1997, y en nuestro medio desde enero de 2003, ha permitido realizar este control en forma confiable, consistente, sin excesivo gasto de tiempo, y con sencillez pasmosa.

En este trabajo se muestran los resultados iniciales obtenidos en la utilización del flujómetro, comparando dos grupos no aleatorizados, utilizando en uno de ellos MFTT, (cuando no se disponía del equipo en la Institución).

Marco teórico

Durante el período de entrenamiento de casi la totalidad de los cirujanos cardiovasculares, el procedimiento para la evaluación de la funcionalidad de los puentes ha sido la palpación digital de los mismos. Sin embargo, como es posible comprobar mediante la MFTT, la pulsatilidad de un injerto no depende solamente de tener flujo distal sino de la distensibilidad de la pared del vaso, que se pierde únicamente cuando el vaso finalmente se trombosa.

Igualmente, la inyección de solución salina a través del extremo proximal del segmento de vena, puede permitir una evaluación de la funcionalidad de los injertos libres, ya sean de vena safena o de arteria radial.

Como se ha mencionado anteriormente, el procedimiento de control para cualquier revascularización es la arteriografía. Sin embargo, la imposibilidad de realizarla en el postoperatorio inmediato, hace necesaria la búsqueda de una alternativa que permita una evaluación adecuada, confiable y reproducible de la revascularización realizada.

Se han desarrollado una serie de equipos y tecnologías que pretenden medir el flujo de los vasos revascularizados. Éstos se describen en forma sucinta.

Flujómetro electromagnético

El flujómetro electromagnético mide el flujo de un solo vaso. La técnica está basada en conceptos de inducción electromagnética, descritas por Faraday hace más de 170 años (1).

El concepto depende de la capacidad de inducir corriente eléctrica de un electrolito como la sangre, que al pasar por un campo magnético en ángulo recto, es capaz de generar un voltaje proporcional a la fuerza del campo y a la velocidad del flujo dentro del vaso (Figura 1).

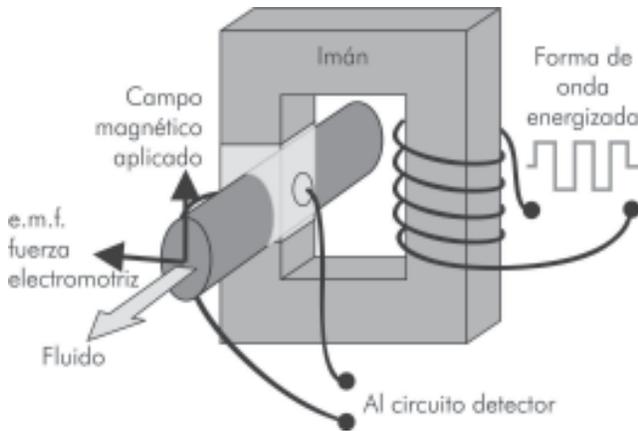


Figura 1. Diseño de flujómetro electromagnético (Tomado de: Strandén E. Functional and Anatomical tests to evaluate graft patency after vascular surgery procedures: Principles and Clinical Applications. In: Intraoperative Graft Patency Verification in Cardiac and Vascular Surgery. D'Ancona et al. Editores. 1ª edición. Capítulo 2. Futura Publishing Company, Inc. Armonk, NY.; 2001. p. 27-63).

Uno de los «defectos» de este tipo de procedimiento es la necesidad de calibrar a cero, lo cual no siempre es posible y debe ser repetido en cada una de las mediciones. Otro de los defectos encontrados en este procedimiento es la variabilidad que induce el cambio en el hematocrito, lo cual produce cambios en la impedancia eléctrica de la sangre.

Ultrasonido

Cuando una onda de sonido tiene una frecuencia mayor de 20.000 ciclos por segundo, se considera como una onda de ultrasonido, la cual, como las demás ondas de sonido, tiene las siguientes características:

- *Intensidad*: amplitud de sonido.
- *Frecuencia*: número de oscilaciones por segundo (Hz).
- *Longitud de onda* (λ): distancia entre dos niveles de presión de sonido máximo o mínimo.

Un factor importante es la capacidad de propagación del sonido en los diferentes medios como el aire o el líquido (340 m/s vs. 1500 m/s).

La energía del ultrasonido es generada por el uso de cerámica piezoeléctrica, la cual es comprimida y expandida en paralelo, cuando se le aplica un voltaje oscilante, actuando como un parlante. De otra parte, la cerámica es comprimida y expandida por un sonido, un voltaje, y la cerámica actúa como un micrófono (Figura 2).

- *Resolución*: la resolución es la capacidad de detectar detalles, siendo generalmente dependiente de la frecuencia e independiente de la profundidad de medición.

El principio Doppler

Cuando un objeto se mueve contra una fuente de sonido, transmitiendo a una frecuencia dada, la frecuencia recibida es diferente de la emitida. Hay mayor frecuencia si la fuente se aleja y menor frecuencia si la fuente se acerca. Esto se llama desviación Doppler y está representada por la siguiente fórmula:

$$\Delta f = 2f_e \cdot v \cdot \cos \theta / c$$

En donde f_e es la frecuencia emitida, v es la velocidad del objeto en movimiento, θ es el ángulo entre el rayo de ultrasonido y el eje vascular, y c es la velocidad de propagación del sonido. El factor de error de este tipo de mediciones, depende en muchos casos del desconocimiento del ángulo entre el transductor y el vaso evaluado, además de la diferencia presentada por las diferentes señales emitidas por los Doppler continuos y pulsados (Figura 3).

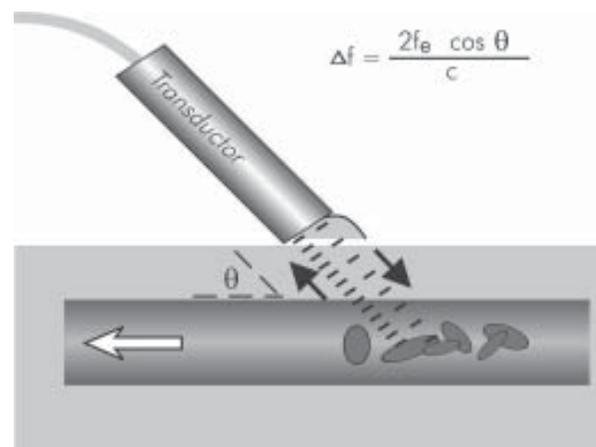


Figura 2. Medición de flujo por ultrasonido (Tomado de: Strandén E. Functional and Anatomical tests to evaluate graft patency after vascular surgery procedures: Principles and Clinical Applications. In: Intraoperative Graft Patency Verification in Cardiac and Vascular Surgery. D'Ancona et al. Editores. 1ª edición. Capítulo 2, Futura Publishing Company, Inc. Armonk, NY. 2001. p. 27-63).

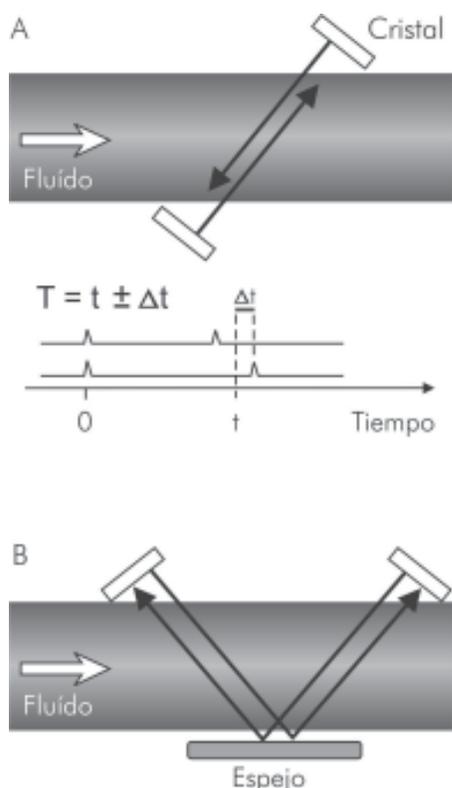


Figura 3. Principio Doppler y medición de flujo por tiempo de tránsito. (Tomado de: Strandén E. Functional and anatomical tests to evaluate graft patency after vascular surgery procedures: Principles and Clinical Applications. En: Intraoperative Graft Patency Verification in Cardiac and Vascular Surgery. D'Ancona et al. Editores. 1ª edición. Capítulo 2, Futura Publishing Company, Inc. Armonk, NY. 2001. p. 27-63).

Flujómetro Doppler

En los flujómetros Doppler, la velocidad del flujo sanguíneo (cm/seg), se multiplica por el área de sección cruzada (cm²), para obtener el volumen de flujo calculado (mL/min), pero depende en forma exagerada del adecuado cálculo del diámetro del vaso, ya que es un factor de error supremamente grande (Figura 3).

Otros métodos de evaluación del flujo sanguíneo coronario han sido los registros de presión intra-arterial, la medición de resistencia del flujo vascular, la arteriografía intraoperatoria, la angiografía, la ecografía intravascular (IVUS por sus siglas en Inglés), y las ecografías en 3D y 4D, que no viene al caso describir en este artículo.

Medición de flujo por tiempo de tránsito (MFTT)

El siguiente capítulo describe los principios básicos de la MFTT, y la forma de interpretación de los resultados obtenidos.

Principios fundamentales

Esta es una tecnología que utiliza la tecnología Doppler pero no dicho principio. Este método toma como principio que el ultrasonido viajando contra la corriente sanguínea tomará más tiempo que el ultrasonido que viaja en el sentido de la misma corriente. Los flujómetros de tiempo de tránsito son muy ajustados, aún con mínimos flujos, y tienen una alta estabilidad en la línea cero.

Dos transductores se localizan en un lado del vaso a ser evaluado y un reflector se localiza en el lado opuesto (Figura 4). Esto induce un doble paso de ultrasonido a través del vaso sanguíneo. El cristal corriente abajo, genera un pulso de ultrasonido que es captado por el cristal corriente arriba. La diferencia en el tiempo de tránsito depende del volumen de flujo de sangre. Igualmente, cuando un haz de ultrasonido es generado por el cristal corriente arriba, demora menos tiempo en alcanzar el cristal corriente abajo. Se requiere de un dispositivo muy sensible con el fin de medir diferencias muy pequeñas (del nivel de picosegundos) entre los tiempos de tránsito.

Este principio fue descrito por Franklin y colaboradores en 1962, pero las bases teóricas para las mediciones de volumen de flujo por el método de tiempo de tránsito fueron desarrolladas por Drost en 1978 (2).

La MFTT tiene como ventaja que no depende del diámetro del vaso, del hematocrito, o de la forma del vaso.

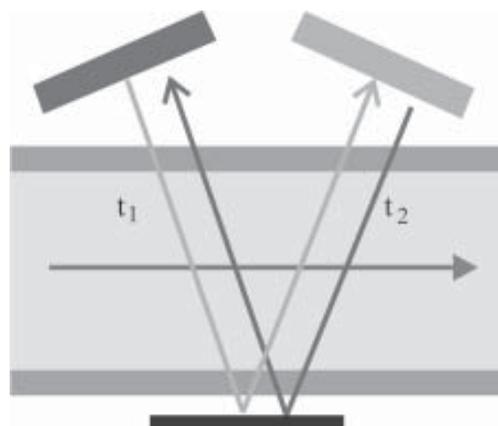


Figura 4. Esquema de diseño del flujómetro por tiempo de tránsito. (Tomado de: Laustsen, J. Transit time flow measurement: Principles and Clinical Application. In: Intraoperative Graft Patency Verification in Cardiac and Vascular Surgery. D'Ancona et al. Editores. 1ª edición. Capítulo 3, Futura Publishing Company, Inc. Armonk, NY. 2001. p. 65-70).

Forma de la curva de flujo

El flujo coronario es diferente del flujo sanguíneo en otros territorios de la economía, debido a que básicamente es un flujo diastólico. Esto genera una curva que generalmente es dicrotica, con un pico de flujo sistólico que corresponde a 1/3 del ciclo cardíaco y un pico de flujo diastólico que corresponde a 2/3 del ciclo cardíaco (Figuras 5 y 6), variando un poco en el territorio de la coronaria derecha, en la cual el pico de flujo sistólico es más alto debido a la baja resistencia generada por el ventrículo derecho.

Índice de pulsatilidad

El índice de pulsatilidad se origina en la siguiente fórmula y generalmente se considera normal cuando es menor de 5.

$$IP = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_{\text{medio}}}$$

Flujo

El flujo coronario es determinado en forma directa y en tiempo real por el equipo, permitiendo una evaluación rápida y confiable del flujo, de acuerdo con los conceptos enunciados anteriormente.

Forma de evaluación

Para la evaluación de la permeabilidad de un puente, es necesario tener en cuenta los parámetros antes mencionados.

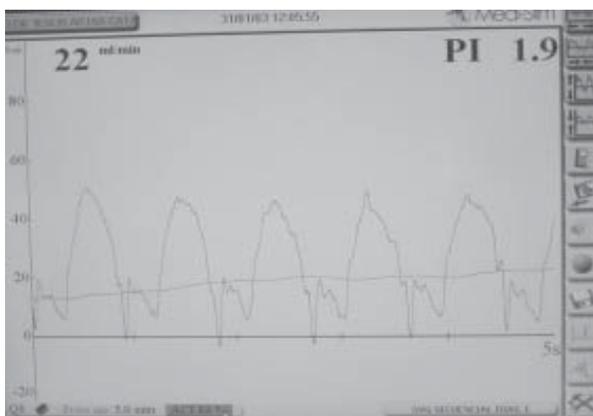


Figura 5. Curva de flujo de injerto venoso a la primera arteria diagonal.



Figura 6. Curva de flujo de la arteria mamaria anastomosada a la arteria descendente anterior.

En primera instancia se evalúa el flujo. En términos generales, un flujo mayor de 27 mL/min, se considera normal y posiblemente ningún otro parámetro deba ser tenido en cuenta para considerar si el puente es permeable o no. Cuando el flujo es menor a 5 mL/min, se considera insuficiente y el injerto debe ser revisado, excepto las condiciones hemodinámicas del paciente no son adecuadas (presión arterial media mayor o igual a 70 mm Hg, en condiciones ideales).

Con flujos entre 5 y 27, deben considerarse el valor del IP el cual debe ser menor de 5 e idealmente cercano a 1, y la morfología de la curva, lo cual permite establecer si hay o no permeabilidad a nivel de la anastomosis. Esto requiere de una curva de aprendizaje, la cual permite una mejor comprensión de la información suministrada por el equipo.

Desde el punto de vista técnico, la medición sólo requiere adecuar el tamaño del transductor al del vaso objeto de evaluación. Los transductores vienen en tamaños de 2, 3, 4 y 5 mm, y es permisible usar un transductor que ocupe el 75% del diámetro con el vaso a evaluar. Para mejorar el acoplamiento acústico se utiliza Jalea K-Y (Johnson & Johnson), ya que ésta evita que haya aire alrededor del vaso evaluado.

Objetivos

Objetivo general

- Evaluar la aplicación de la tecnología de MFTT, en los resultados tempranos de la cirugía de revascularización miocárdica con y sin circulación extracorpórea.

- Evaluar los resultados clínicos en dos grupos de pacientes comparables, a partir de la utilización de la tecnología de MFTT.

Objetivos específicos

- Describir poblaciones desde el punto de vista demográfico, factores de riesgo, evaluación preoperatoria (cateterismo, ecocardiografía, etc.), procedimiento quirúrgico, complicaciones postoperatorias y mortalidad intrahospitalaria.

- Describir los hallazgos obtenidos con el flujómetro:

- a. Flujo en mL/min.
- b. Índice de pulsatilidad.
- c. Morfología de la curva de flujo.

- Describir el porcentaje de puentes revisados en el transoperatorio y los hallazgos de dicha revisión.

Material y métodos

Diseño metodológico

Se trata de un trabajo prospectivo, retrospectivo de cohortes, que toma como población en la fase retrospectiva el grupo de pacientes intervenidos quirúrgicamente para revascularización miocárdica, desde el 1° de mayo de 2002, hasta el 31 de diciembre de 2002, y como población en la fase prospectiva los pacientes intervenidos a partir del 1° de enero de 2003, momento en el cual se comenzó a utilizar la tecnología de MFTT, mediante la utilización del medidor de flujo *Butterfly* 2004, de Medi-Stim®, de Oslo (Noruega).

La descripción de las variables continuas se realizó mediante el cálculo de la media y de la desviación típica. En cuanto a las variables discretas, su descripción se realizó mediante la frecuencia y el porcentaje de ocurrencia.

Análisis estadístico

La información obtenida de la base de datos de la Institución, fue manejada a través de diferentes programas (Acces XP para Windows, Excel XP para Windows), y la información estadística fue obtenida mediante el paquete estadístico SPSS versión 10.0.

Para hallar la correlación entre variables, se realizaron tablas de contingencia de 2 x 2 en las cuales se tomó el valor de $p < 0.05$ como representativo de asociación

en el cálculo del valor de chi-cuadrado de Pearson, acompañado del valor de riesgo relativo (RR) con intervalo de confianza del 95%. Para la construcción del modelo final se utilizaron modelos de regresión logística.

Descripción de variables

Para la elaboración de la tabla de riesgo se evaluaron variables de acuerdo con el diligenciamiento del protocolo de información de la base de datos de la Institución (Tabla 1).

Resultados

Información general

El medidor de flujo coronario *Butterfly* 2004 de Medi-Stim® (Oslo, Noruega) fue adquirido por la Institución y estuvo disponible desde enero de 2003. A partir de ese momento se implementó su utilización en todos los pacientes a quienes se les realizó una revascularización miocárdica con o sin circulación extracorpórea.

El grupo de pacientes evaluados con dicha tecnología lo constituyeron 194 pacientes (49.2%) y fue comparado con un grupo de 200 pacientes (50.8%) similar en aspectos epidemiológicos como edad, género y antecedentes personales, obteniendo valores de $p > 0.05$ (Figura 7).

Descripción de la población objeto del estudio

Edad: la edad promedio del grupo evaluado con flujómetro fue de 62 ± 9.2 años, vs. 61.9 ± 11.1 , del grupo no evaluado con flujómetro ($p > 0.05$). La distribución por grupos etáreos se muestra en la figura 8.

Genero: 64.8% de los pacientes en el grupo de flujómetro era de género masculino vs. 66.6% del grupo no evaluado con flujómetro. ($p > 0.05$). La distribución por género se muestra en la figura 9.

Tipo de procedimiento: al 82.5% de pacientes del grupo de flujómetro, se le realizó sólo una revascularización miocárdica, mientras que el procedimiento fue combinado en el resto (3.1%, revascularización más procedimiento valvular; 10.5% revascularización más procedimiento valvular más otro y el 3.7% revascularización más otro procedimiento), mientras que en el grupo no evaluado con flujómetro la revascularización única fue realizada en 80.2% de los casos ($p > 0.05$) (Figura 10).

Tabla 1
DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES ANALIZADAS

Nº	Nombre de la variable	Descripción	Tipo	Valor
Datos del paciente				
1	Edad	Edad del paciente	Continua	Años
2	Género	Género del paciente	Discreta	M - F
3	Revascularización miocárdica	Procedimiento de revascularización sola	Discreta	Si - No
4	Revascularización miocárdica + cirugía valvular	Procedimiento de revascularización combinado con cirugía valvular (cualquiera)	Discreta	Si - No
5	Revascularización miocárdica + cirugía valvular + otra cirugía	Procedimiento de revascularización combinado con cirugía valvular (cualquiera) y con otro procedimiento de cirugía cardíaca o vascular	Discreta	Si - No
6	Revascularización miocárdica + otra cirugía	Procedimiento de revascularización combinado con otro procedimiento de cirugía cardíaca o vascular	Discreta	Si - No
7	Forma de programación	Forma en la cual el paciente fue programado	Discreta	Electiva Urgente Emergencia
8	Incidencia del procedimiento	Orden cronológico del procedimiento	Discreta	1ª cirugía 2ª cirugía
9	Tabaquismo	Historia de consumo de cigarrillo	Discreta	Si - No
10	Dislipidemia	Historia de trastornos lipídicos	Discreta	Si - No
11	Diabetes	Glicemia > 140 mg/dL	Discreta	Si - No
12	Falla renal	Creatinina > 1.4 mg/dL o depuración de creatinina menor de 60 mL/min	Discreta	Si - No
13	Hipertensión arterial sistémica	Presión arterial sistémica > 140/90 en mm Hg	Discreta	Si - No
14	Hipertensión arterial pulmonar	Presión arterial pulmonar sistólica > 35 mm Hg	Discreta	Si - No
15	Accidente cerebrovascular (ACV)	Antecedente de ACV antiguo o reciente	Discreta	Si - No
16	Cirugía previa	Antecedente de procedimiento quirúrgico que comprometa el pericardio	Discreta	Si - No
17	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)	Presencia de enfermedad pulmonar del tipo bronquitis crónica o enfisema	Discreta	Si - No
18	Infarto agudo de miocardio (IAM)	Evento coronario con cambios electrocardiográficos y/o enzimáticos	Discreta	Si - No
19	Tipo de infarto	Compromiso estructural del infarto	Discreta	Transmural Subendocárdico No Q
20	Tiempo de infarto	Tiempo transcurrido entre el establecimiento del infarto hasta el procedimiento quirúrgico	Discreta	< 6 horas < 24 horas < 21 días > 21 días
21	Angina de pecho	Sintomatología de dolor precordial	Discreta	Estable Inestable Postinfarto
22	Shock cardiogénico	Falla de bomba luego de IAM, que requiere manejo farmacológico o asistencia mecánica	Discreta	Si - No
23	Clase funcional de la New York Heart Association (NYHA)	Pacientes en clase funcional III o IV de la NYHA	Discreta	I II III IV

24	Clase canadiense de angina (CCA)	Pacientes en clase de angina III o IV de la CCA	Discreta	I II III IV
25	Beta-bloqueadores	Uso de beta-bloqueadores preoperatorios	Discreta	Si - No
26	Nitritos	Uso de nitritos orales o parenterales prequirúrgicos	Discreta	Si - No
27	Score de riesgo	Clasificación del riesgo de mortalidad de acuerdo con el score de riesgo en uso en la Institución	Discreta	0 a 100
28	Fracción de expulsión por hemodinámica	Valor porcentual de la función ventricular medida por cateterismo	Continua	> 0 %
29	Fracción de expulsión por ecocardiografía	Valor porcentual de la función ventricular medida por ecocardiografía	Continua	> 0 %
30	Enfermedad de tronco	Clasificación anatómica de lesión significativa del tronco principal izquierdo	Discontinua	Si - No
31	Tipo de enfermedad coronaria	Clasificación anatómica de la enfermedad coronaria	Discontinua	Un vaso Dos vasos Tres vasos
32	Flujómetro	Utilización o no del procedimiento de flujometría	Discontinua	Si - No
33	Tipo de anastomosis	Tipo de injerto utilizado en la revascularización miocárdica	Discontinua	Vena safena Art. mamaria Art. radial
34	Tipo de vaso revascularizado	Vaso anatómico revascularizado	Discontinua	Art. coronaria derecha Art. descendente anterior Art. 1ª diagonal Art. 2ª diagonal Ramus intermedio Art. circunfleja Art. 1ª obtusa marginal Art. 2ª obtusa marginal Art. 3ª obtusa marginal Art. descendente posterior Art. posterolateral
35	Procedimientos asociados	Otros procedimientos realizados	Discontinua	Si - No
36	Complicaciones postoperatorias	Presencia de complicaciones postoperatorias	Discontinua	Si - No
37	Complicaciones intraoperatorias	Presencia de complicaciones intraoperatorias	Discontinua	Si - No
38	Sangrado quirúrgico	Necesidad de reintervenir el paciente por sangrado	Discontinua	Si - No
39	Oclusión de injerto	Diagnóstico de oclusión de alguno de los injertos realizados	Discontinua	Si - No
40	Reoperación por causa cardíaca	Necesidad de un nuevo procedimiento por causa cardíaca	Discontinua	Si - No
41	Reoperación por causa no cardíaca	Necesidad de un nuevo procedimiento por causas no cardíacas	Discontinua	Si - No
42	Infarto perioperatorio	Diagnóstico de infarto agudo de miocardio en el postoperatorio inmediato	Discontinua	Si - No
43	Falla del ventrículo derecho	Diagnóstico de falla ventricular derecha en el postoperatorio	Discontinua	Si - No
44	Falla del ventrículo izquierdo	Diagnóstico de falla ventricular izquierda en el postoperatorio	Discontinua	Si - No
45	Recateterismo postoperatorio	Necesidad de repetir un cateterismo en el postoperatorio inmediato	Discontinua	Si - No
46	Mortalidad	Muerte en el postoperatorio inmediato (hasta 30 días)	Discontinua	Si - No

47	Mortalidad por score de riesgo	Mortalidad estratificada por score de riesgo	Discontinua	0 a 4 5 a 10 11 a 20 > 20
48	Causa de muerte	Causa principal de muerte	Discontinua	Intraoperatoria Cardíaca Infección Neurológica Respiratoria Renal Otra causa
49	Inotrópicos postoperatorios	Uso de inotrópicos postoperatorios	Discontinua	Si - No
50	Vasodilatadores postoperatorios	Uso de vasodilatadores postoperatorios	Discontinua	Si - No
51	Vasoconstrictores postoperatorios	Uso de vasoconstrictores postoperatorios	Discontinua	Si - No
52	Antiarrítmicos postoperatorios	Uso de antiarrítmicos postoperatorios	Discontinua	Si - No
53	Días de hospitalización	Tiempo de estancia postoperatoria	Continua	> de 0
54	Flujo coronario	Medido en mL/min	Continua	> de 5
55	Índice de pulsatilidad		Continua	< de 5
56	Puente revisado	Necesidad de revisión intraoperatoria de la anastomosis de acuerdo con los hallazgos de flujometría	Discontinua	Si - No
57	Hallazgos durante la revisión	Hallazgos durante la revisión quirúrgica	Discontinua	Disección de la mamaria. Disección coronaria. Mal flujo por mamaria nativa. Acodamiento del vaso. Lesión distal del vaso nativo. Compromiso de la pared posterior por sutura. Causa no determinada.

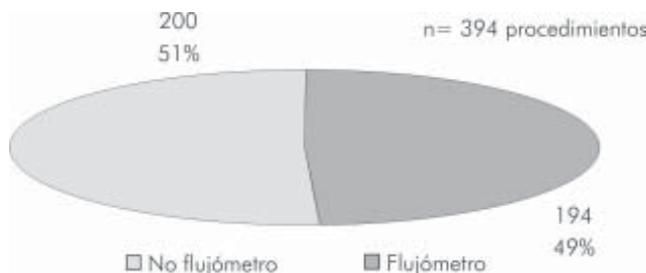


Figura 7. Total de procedimientos.

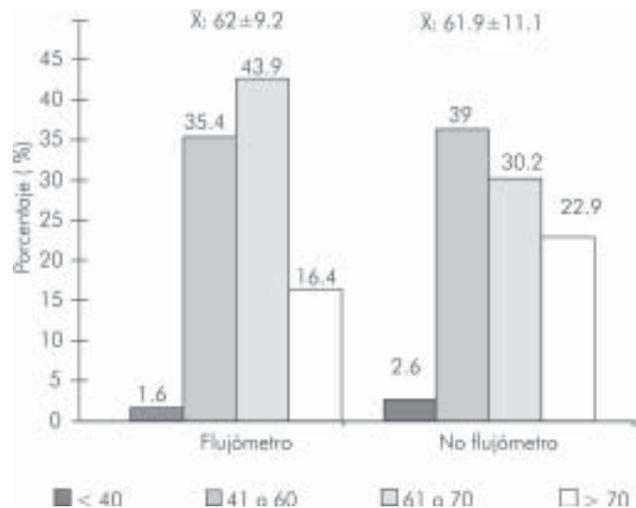


Figura 8. Distribución por edad (p > 0.05).

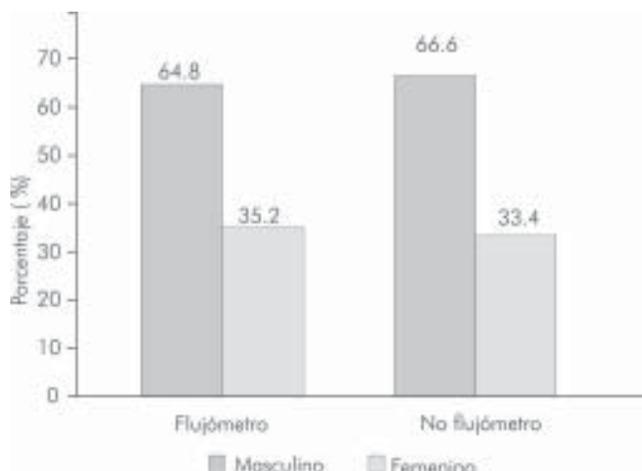


Figura 9. Distribución por género ($p > 0.05$).

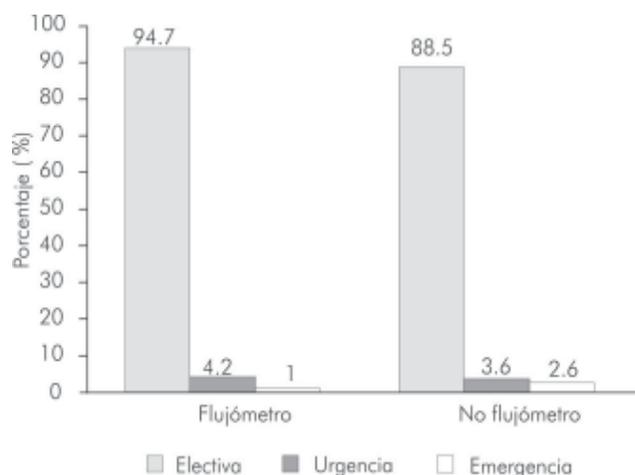


Figura 11. Forma de programación ($p > 0.05$).

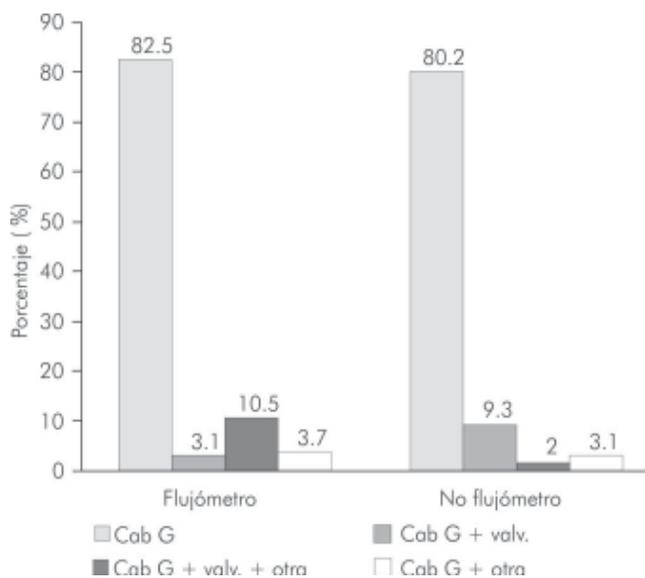


Figura 10. Tipo de procedimiento ($p = 0.001$).

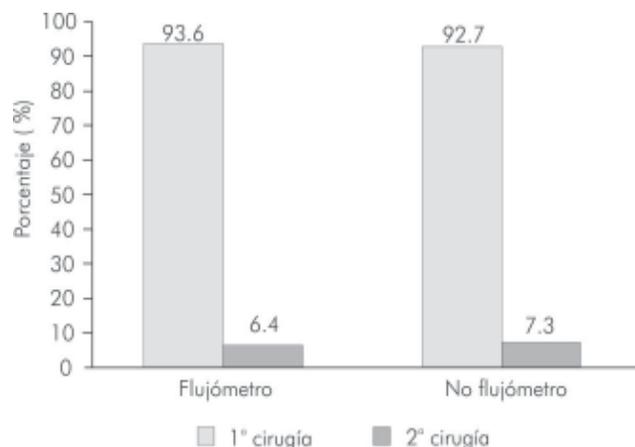


Figura 12. Incidencia del procedimiento ($p > 0.05$).

Forma de programación: ambos grupos de pacientes fueron programados mayoritariamente en forma electiva. No se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$) (Figura 11).

Incidencia del procedimiento: más del 90% de ambos grupos fueron programados en forma electiva, sin encontrar diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) (Figura 12).

Tabaquismo: la incidencia de tabaquismo fue de 42.8% vs. 59.9% entre ambos grupos ($p = 0.000$) (Tabla 2).

Diabetes: la incidencia de diabetes mellitus fue de 10.6% vs. 16.1% entre ambos grupos ($p > 0.05$) (Tabla 2).

Tabla 2
FACTORES DE RIESGO PREOPERATORIO

Variable	Flujómetro (%)	No flujómetro (%)	p
Tabaquismo	42.8	59.9	0.000
Diabetes	10.6	16.1	> 0.05
Dislipidemia	19.5	40.6	0.000
Falla renal	4.2	3.1	> 0.05
HTA	68.3	64.6	> 0.05
HTP	1	3.6	> 0.05
ECV	5.8	2.6	> 0.05
EPOC	3.7	11.9	0.003
Cirugía previa	8.4	1.5	0.006
IAM	29.6	35.9	> 0.05
Shock cardiogénico	0	3.6	0.019

Dislipidemia: la presentación de dislipidemia fue del 19.5% vs. 40.6%, con valor de diferencia estadísticamente significativo ($p: 0.000$) (Tabla 2).

Falla renal: la incidencia de falla renal fue de 4.2% vs. 3.1%, con valor de $p > 0.05$ (Tabla 2).

Hipertensión arterial sistémica (HTA): la presencia de HTA fue del 68.3% vs. 64.6% entre ambos grupos, con valor de $p > 0.05$ (Tabla 2).

Hipertensión pulmonar (HTP): la presencia de HTP fue del 1% vs. 3.6% en ambos grupos, con valor de $p > 0.05$ (Tabla 2).

Evento cerebrovascular (ECV): la presencia de eventos cerebrovasculares previos fue de 5.8% vs. 2.6% en ambos grupos, con valor de $p > 0.05$ (Tabla 2).

Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC): la prevalencia de EPOC fue del 3.7 vs. 11.9 en ambos grupos, con valor de $p: 0.003$ (Tabla 2).

Antecedente de cirugía previa: el antecedente de cirugía previa fue de 8.4% vs. 1.5% para ambos grupos con valor de $p: 0.006$ (Tabla 2).

Shock cardiogénico: la incidencia de shock cardiogénico fue del 0% vs. 3.6%, con un valor de p de 0.019 (Tabla 2).

Tipo de infarto: la presencia de infarto transmural fue de 30.6% vs. 30.2% para ambos grupos. Los otros tipos de infarto se presentan en la figura 13. No hay diferencia estadísticamente significativa en ambos grupos.

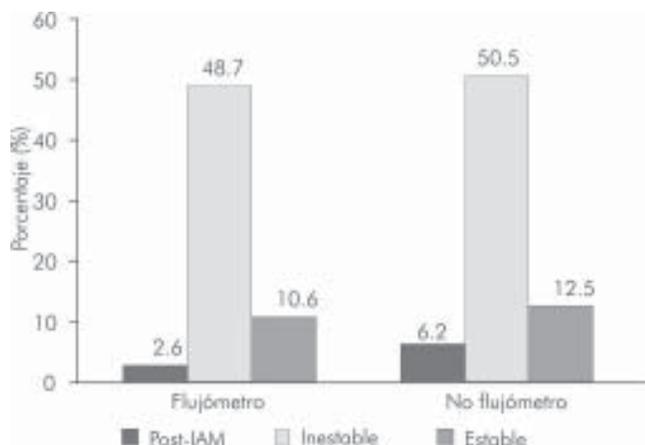


Figura 13. Tipo de angina ($p > 0.05$).

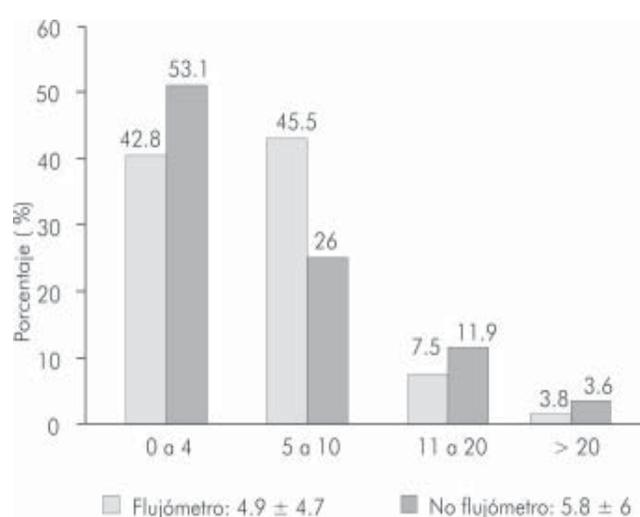


Figura 16. Score de riesgo ($p > 0.05$).

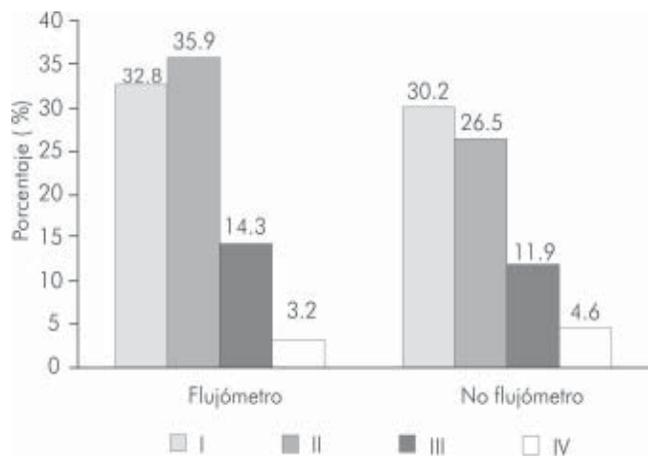


Figura 14. Clase funcional NYHA ($p > 0.05$).

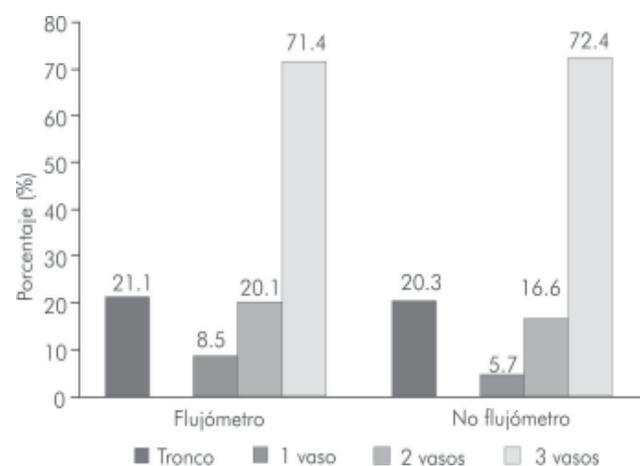


Figura 17. Tipo de enfermedad ($p > 0.05$).

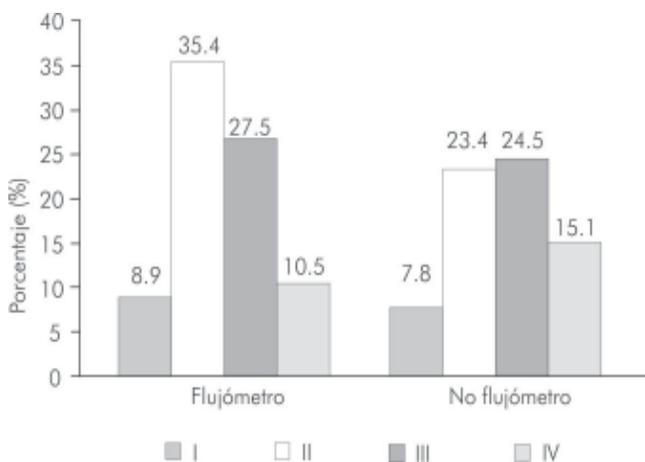


Figura 15. Clase de angina de CCS ($p > 0.05$).

Tiempo del infarto: el intervalo de tiempo entre el momento del infarto y la cirugía se muestra en la figura 14, no habiendo diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos. La mayoría de los pacientes fueron intervenidos con intervalos de tiempo mayores de 24 horas.

Tipo de angina: aproximadamente la mitad de los pacientes tienen angina inestable en ambos grupos, sin encontrar diferencias estadísticamente significativas (Figura 13).

Drogas postoperatorias: sólo en consumo de antiplaquetarios (53.4% vs. 39.5%), demostró tener diferencias estadísticamente significativas (Tabla 2).

Clase funcional NYHA: 68.7% de los pacientes del grupo de flujómetro vs. 56.7% de los pacientes en el grupo no evaluados con flujómetro, tuvieron clases funcionales I y II de la NYHA, no encontrando diferencias estadísticamente significativas (Figura 14).

Clase canadiense de angina: 62.9% de los pacientes del grupo de flujómetro, presentaron una clasificación de la Sociedad Canadiense de Cardiología II o III, mientras que en el otro grupo fue del 50%. No se encontró diferencia estadísticamente significativa, con valor de $p > 0.05$ (Figura 15).

Score de riesgo: la clasificación por Score de riesgo fue en promedio de 4.9 ± 4.7 en el grupo de flujómetro vs. 5.8 ± 6 para el grupo no evaluado por flujómetro, pero no se encontró diferencia estadísticamente significativa (Figura 16).

Fracción de expulsión: la evaluación de la función ventricular por hemodinámica, no reportó diferencias estadísticamente significativas (52.6 ± 11.7 vs. 51.8 ± 13.6 %), mientras que por ecocardiograma sí se encontró una diferencia significativa con valor de p de 0.002 (IC: 1.456 – 6.744) entre ambos grupos (50.5 ± 12.6 vs. 46.4 ± 13.3 %).

Tipo de enfermedad: la enfermedad del tronco estuvo presente en ambos grupos en el 20% de los casos, y la distribución por enfermedad de uno, dos y tres vasos puede ser vista en la figura 17. No se encontró diferencia estadísticamente significativa.

Tipo de anastomosis: en el grupo de evaluación con flujómetro, se realizaron 590 anastomosis en total, con un promedio de 3.1 ± 1.1 anastomosis por paciente, mientras que en el grupo de no flujómetro, el número total de anastomosis fue 564, con un promedio de 3.1 ± 0.98 anastomosis por paciente. No hay diferencia estadísticamente significativa entre los dos grupos por el número de anastomosis realizadas ($p > 0.05$) (Tablas 3 y 4).

Complicaciones: no hay una diferencia estadísticamente significativa en la presentación de complicaciones postoperatorias en general y de las complicaciones intraoperatorias; sin embargo cuando se evalúan en forma individual, es evidente la reducción del porcentaje de oclusión de injertos en el postoperatorio inmediato, con una diferencia estadísticamente significativa, y la reducción en la presentación de infarto perioperatorio, aunque para esta variable no se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$) (Tabla 5).

Tabla 3
TIPO DE INJERTO UTILIZADO E INJERTOS REALIZADOS.
GRUPO DE PACIENTES EVALUADOS CON FLUJOMETRÍA
CORONARIA

Tipo de injerto	n	X	σ	Min	Max
Vena safena	414	2.3	0.9	1	5
Mamaria	172	0.98	0.1	0	1
A. radial	4	0.8	1.0	2	0
Total	590	3.1	1.1	1	6

Tabla 4
TIPO DE INJERTO UTILIZADO E INJERTOS REALIZADOS.
GRUPO DE PACIENTES NO EVALUADOS CON
FLUJOMETRÍA CORONARIA

Tipo de injerto	n	X	σ	Min	Max
Vena safena	378	2.1	0.9	1	6
Mamaria	167	1.01	0.1	1	2
A. radial	19	1.5	0.7	1	3
Total	564	3.1	0.98	1	7

Tabla 5
COMPLICACIONES INTRAOPERATORIAS

Complicación	Flujómetro (%)	No flujómetro (%)	p
Sangrado quirúrgico	5.3	2.7	> 0.05
Oclusión de injerto	1.5	6.6	0.029
Reop. causa cardíaca	0.5	0.5	> 0.05
Reop. causa no cardíaca	0	1.1	> 0.05
Inf. perioperatorio	1.05	4.4	> 0.05
Falla ventrículo derecho	1.05	1.1	> 0.05
Falla ventrículo izquierdo	2.6	6	> 0.05

Necesidad de cateterismo y cirugía en el postoperatorio: ninguno de los pacientes del grupo de flujómetro fue llevado en el período postoperatorio inmediato al laboratorio de hemodinámica para revisión de los puentes coronarios, mientras que cuatro pacientes fueron recateterizados en el grupo no evaluado con flujómetro.

Tres pacientes fueron llevados a cirugía en el postoperatorio inmediato, sin necesidad de recateterización, encontrando en un paciente que las anastomosis estaban permeables y que no había cambio en los valores de flujo medidos antes de la salida de cirugía; en el segundo paciente se encontró trombosis de una de las anastomosis, la cual fue corregida y nuevamente evaluada obteniendo resultados adecuados. En el tercer caso se encontró un injerto de mamaria con acodaduras en su

recorrido, el cual fue reanastomosado distalmente, obteniendo un incremento de 4 veces en el flujo cuando se comparó con el valor tomado antes de terminar el procedimiento inicial. Es de notar que cuando se evaluó el injerto en el segundo procedimiento en este último caso, no había cambiado el valor de flujo (8 mL/min).

Otras complicaciones: no se encontró diferencia estadísticamente significativa en la presencia de complicaciones postoperatorias incluyendo complicaciones infecciosas, neurológicas, respiratorias, renales y de otro tipo.

Mortalidad: la mortalidad a 30 días fue significativamente menor en el grupo evaluado con flujómetro (3.5% vs. 5.2%) con valores de p de 0.000.

Medición del flujo coronario: en la tabla 6 se muestran los valores de medición del flujo coronario, por cada uno de los vasos revascularizados. Es de anotar que todos los territorios revascularizados tienen mediciones de flujo en promedio mayores de 25 mL/min, con IP menores de 5, considerados como excelentes valores.

Puentes revisados: en la tabla 7 se muestran los puentes revisados por cada territorio revascularizado. En general, se revisaron 23 anastomosis, las cuales representan el 5.59% de las anastomosis realizadas. Los hallazgos más importantes durante la revisión, se muestran en la tabla 8. Es importante resaltar que sólo en 3 casos no fue posible determinar la causa del defecto, pero que el resultado final fue satisfactorio.

Discusión

La utilización de la tecnología de MFTT, ha ido progresivamente en aumento en el ámbito de la cirugía cardiovascular y vascular periférica, en todo el mundo.

Para nuestra institución es importante poder demostrar que este procedimiento permite, en un número importante de pacientes, evitar las complicaciones propias de la obstrucción de un injerto coronario, como: infarto transoperatorio, falla ventricular tanto derecha como izquierda, uso de fármacos, uso de dispositivos de soporte como el balón de contrapulsación, y por ende el consumo de recursos tanto tecnológicos como económicos que se han convertido en la mayor limitante para la práctica diaria de nuestro ejercicio profesional.

Cuando observamos los resultados entre el grupo evaluado con la tecnología de MFTT, encontramos que ambas poblaciones son comparables por variables demográficas como edad, género, antecedentes persona-

Tabla 6
VALORES DE FLUJO CORONARIO Y DE ÍNDICE DE PULSATILIDAD POR TERRITORIO REVASCULARIZADO

Tipo de vaso	n	Flujo		Índice de p.	
		x	δ	x	δ
C. derecha	19	31.7	27.8	3.15	3.35
D. anterior	149	22.24	17.54	2.8	2.06
1ª. diagonal	66	25.7	18.5	2.7	1.2
2ª. diagonal	15	16.1	8.1	3.1	1.4
Ramus interm.	24	30.7	24.8	2.9	1.02
1ª. obtusa M	87	26.3	19.09	3.2	2.3
2ª. obtusa M	39	34.7	25.4	3.1	3.3
3ª. obtusa M	5	40.6	15.04	3.07	0.23
D. posterior	84	26.7	20.88	3.9	2.9
Posterolateral	13	28.7	14.2	3.75	1.4

Tabla 7
PORCENTAJE DE PUENTES REVISADOS POR TERRITORIO REVASCULARIZADO

Tipo de vaso	n	Rev.	%
C. derecha	19	1	5.26
D. anterior	149	10	6.71
1ª. diagonal	66	3	4.54
2ª. diagonal	15	0	0
Ramus interm.	24	0	0
1ª. obtusa M	87	4	4.59
2ª. obtusa M	39	1	2.56
3ª. obtusa M	5	0	0
D. posterior	84	4	4.76
Posterolateral	13	0	0
Total	501	23	5.59

les y forma de programación, con diferencias que no son estadísticamente significativas.

Desde el punto de vista del procedimiento quirúrgico, no hay diferencia estadísticamente significativa en cuanto al número de puentes realizados en ambos grupos como tampoco la hay en cuanto a la forma de revascularización ni en cuanto a los vasos blanco.

Hay una diferencia con respecto a la presentación de complicaciones tempranas entre ambos grupos, especialmente en lo que hace relación a las infecciones tempranas en el grupo de flujómetro, obviamente no relacionadas al uso del mismo sino a un incremento en su presentación, asociado a reformas locativas del servicio de cirugía.

Sin embargo, en lo que se refiere a las complicaciones directamente relacionadas con el uso de flujómetro, se

encuentra disminución no es estadísticamente significativa en la presentación de infarto agudo de miocardio en el postoperatorio inmediato (1.05 vs. 4.4), pero cuando se evalúa la incidencia de diagnóstico, ya sea quirúrgico o hemodinámico de obstrucción del injerto, la diferencia de presentación de 1.5 vs. 6.6 entre ambos grupos es estadísticamente significativa.

Esto significa que se evitan complicaciones postoperatorias relacionadas con el procedimiento de revascularización miocárdica en una relación de 4 a 1.

En 1999 D' Ancona y colaboradores (3) evaluaron de 323 anastomosis distales, demostrando la presencia de errores técnicos en el 9.9% de las anastomosis realizadas, basados en los hallazgos de flujometría. Cuando comparamos nuestros resultados con esta publicación encontramos un menor número de revisiones con una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

Otros grupos tienen porcentajes variables de revisión de los injertos como se menciona también por D' Ancona (4), en donde se reportan tasas de revisión que varían de 4% a 8%.

La importancia de la medición de flujo es notoriamente importante también en los casos de cirugía coronaria compleja, esto es, cuando se utilizan anastomosis secuenciales, o cuando se utilizan injertos en Y o en T, como fue demostrado por Speziale y por Markwirth y colaboradores (6, 7), quienes usando tecnología diferente (MFTT y Doppler intravascular), pudieron evaluar la revascularización de manera intraoperatoria.

En cuanto a la tecnología misma, ésta fue evaluada y validada por Beldi y colaboradores (8), cuando compararon tres diferentes tipos de flujómetro, considerando que el sistema es exacto y reproducible, con escasas diferencias entre los equipos evaluados.

Conclusiones

La necesidad de evaluar el resultado de sus procedimientos quirúrgicos al terminar la intervención, ha sido siempre una inquietud para el cirujano cardiovascular. Esto se ha vuelto común en los pacientes valvulares y congénitos al tener disponible la ecocardiografía intraoperatoria ya sea en la forma de ecocardiografía transesofágica o epicárdica, lo cual ha disminuido la necesidad de nuevos procedimientos para la corrección de defectos residuales.

En el caso de los pacientes coronarios, en nuestro medio sólo teníamos disponible para la evaluación intra-

operatoria, la inyección de solución salina o sangre a través de los puentes, y la inspección y la palpación digital de los mismos. Estos procedimientos pueden brindar una falsa seguridad, ya que no es posible evaluar la permeabilidad proximal y/o distal en forma selectiva, y la posibilidad de realizar coronariografías postoperatorias rutinarias está fuera del alcance de todos nuestros servicios por los costos que implica.

En la fase postoperatoria sólo la valoración del electrocardiograma y la evaluación de los parámetros hemodinámicos nos daban una idea del funcionamiento de la revascularización.

Tener al alcance esta tecnología en nuestro medio, siendo esta la primera experiencia de medición de flujo coronario intraoperatorio reportada en el país, nos permite tener un control de calidad en nuestros procedimientos de revascularización, lo cual no únicamente le da la seguridad y confianza al cirujano, y al cirujano en fase de entrenamiento, sino también al paciente, de que el procedimiento realizado cumple con las expectativas que en todos genera este tipo de cirugías.

Con los resultados obtenidos en esta primera fase de evaluación de la utilización de la tecnología de MFTT, es posible recomendar su utilización en los pacientes sometidos a revascularización miocárdica con o sin bomba, buscando disminuir las complicaciones propias del procedimiento de revascularización y los costos generados por las mismas, especialmente en tratamiento farmacológico y tiempo de estancia hospitalaria.

La utilización de la MFTT brinda al cirujano cardiovascular la confianza y la certeza de que las anastomosis coronarias están permeables al momento de terminar el procedimiento quirúrgico.

Bibliografía

1. Stranden E. Funcional and anatomical test to evaluate graft patency after vascular surgery procedures: principles and clinical applications. En: Intraoperative graft patency verification in cardiac and vascular surgery. D'Ancona et al. Editores. 1ª edición. Capítulo 2. Futura Publishing Company, Inc. Armonk, NY; 2001. p. 27-63.
2. Laustsen J. transit time flow measurement: principles and clinical applications. en: intraoperative graft patency verification in cardiac and vascular surgery. d'ancona et al. editores. 1ª edición. Capítulo 3. Futura Publishing Company, Inc. Armonk, NY; 2001. p. 27-63.
3. D'Ancona G, Karamanoukian HL, Salerno T, et al. Flow measurement in coronary surgery. The Heart Surgery Forum 1999; 2 (2): 121-124.
4. D' Ancona. Intraoperative graft patency verification: should you trust your fingertips?. The Heart Surgery Forum 2000; 3 (2): 99-102.
5. Bergsland J, D' Ancona G, Karamanoukian HL, et al. Technical tips and pitfalls in OPCAB surgery: The Buffalo Experience. The Heart Surgery Forum 1999; 3 (3): 189-193.
6. Speziale G, Ruvo G, Coppola R, Marino B. Intraoperative flow measurement in composite Y grafts. European Journal of Cardiothoracic Surgery 2000; 17: 505-508.
7. Markwirth T, Hennen B, Scheller B, et al. Flow wire measurement after complete arterial coronary revascularization with T grafts. Ann Thorac Surg 2001; 71: 788-793.
8. Beldi G, Bosshard A, Hess O, et al. Transit time flow measurement: experimental validation and comparison of three different systems. Ann Thorac Surg 2000; 70: 212-217.