

## ARTÍCULO ORIGINAL

# CAUSAS DE STROKE Y COMPORTAMIENTO DEL FLUJO SANGUÍNEO CEREBRAL DURANTE LA CIRUGÍA DE REVASCULARIZACIÓN MIOCÁRDICA SIN CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA

## *Causes of Stroke and Behavior of Cerebral Blood Flow during Myocardial Revascularization without Extracorporeal Circulation*

**RESUMEN**

**Objetivos:** Analizar el comportamiento del flujo sanguíneo cerebral (FSC) y la autorregulación cerebral (ACR) por doppler transcraneal (DTC), evaluando perfusión cerebral y fenómenos de microembolia durante la revascularización miocárdica sin circulación extracorpórea (CRM/SCEC) e identificar posibles causas de accidente vascular cerebral (ACV) en el posoperatorio inmediato, y los cambios cognitivos a 30 días.

**Material y métodos:** Estudio descriptivo y prospectivo donde se incluyen a 41 pacientes no seleccionados con dos o más puentes coronarios. Se excluyen pacientes con ACV previo y en casos de conversión de la cirugía a circulación extracorpórea. Se monitoreó por DTC mediciones de velocidad de flujo antes durante y después de la luxación del corazón durante las anastomosis coronarias. Los puentes se hicieron con doble mamaria en 87% de los casos, asociado a puentes venosos en 12%, donde se realizó clampeo parcial de la aorta ascendente.

**Resultados:** El 83% eran varones y la edad promedio fue 65,5 años; diabéticos el 40% y lesiones carotídeas leves 46% y moderadas a severas 33%. Se detectaron trastornos de la ARC en todos los pacientes durante la luxación cardíaca. Se detectó hipoperfusión cerebral en el 80% de los casos asociado a hipotensión arterial. Se observaron microembolias sólidas en 12% y ACV grave en 2,1%. El 5% presentó cuadros de agitación y delirio.

**Conclusiones:** El DTC detectó tempranamente las variaciones hemodinámicas durante la CRM/SCEC, así como también las microembolias sólidas durante el desclampeo aórtico.

**Palabras claves:** cirugía de revascularización miocárdica, accidente vascular cerebral, microembolias

**ABSTRACT**

**Objetivos:** To analyze the behavior of cerebral blood flow (CBF) and cerebral autoregulation (CAR) by transcranial doppler (TCD), assessing cerebral perfusion and microembolic phenomena during myocardial revascularization without extracorporeal circulation (off pump CABG) and to identify possible causes of stroke in the immediate postoperative period, as well as cognitive changes at 30 days.

**Methods:** Descriptive and prospective study including 41 unselected patients with two or more coronary bypasses. Patients with prior stroke and cases of conversion of surgery to cardiopulmonary bypass were excluded. Flow rate measurements were monitored by TCD before, during and after heart dislocation during coronary anastomosis. Bypasses were made with double mammary arteries in 87% of the patients, and were associated with venous grafts in 12% of the cases, where partial cross-clamping of the ascending aorta was performed.

**Results:** 83% of the patients were male and the average age was 65.5 years; 40% were diabetic, 46% had mild and 33% moderate to severe 33% carotid lesions. CAR disorders were detected in all patients during cardiac dislocation. Cerebral hypoperfusion was detected in 80% of the cases associated with arterial hypotension. Solid microemboli were observed in 12% of the cases and severe stroke in 2.1%. Five percent presented agitation and delirium.

**Conclusions:** TCD detected early hemodynamic variations during the off pump CABG surgery; as well as solid microembolisms during aortic clamping.

**Key words:** coronary artery bypass grafting, stroke, microemboli

**Autores:**

Girela, Germán;  
Svampa, Silvana;  
Castro, Fernanda;  
Quiroga, José;  
Sepúlvera, Oscar;  
Barbosa, Fernando.

*Instituto Cardiovascular del Sur, A. C. Mengelle 273, 8324 Cipolletti, Río Negro*

**Correspondencia:**

girelagerman@gmail.com

## INTRODUCCIÓN

La cirugía de revascularización miocárdica (CRM) encuentra entre sus mayores complicaciones el accidente vascular cerebral (ACV) muchas veces devastador para el paciente y su entorno familiar. Es así como Syntax Trial<sup>1</sup> muestra un índice de ACV de 3,7% al año con la CRM. El motivo del siguiente trabajo fue analizar el comportamiento del flujo sanguíneo cerebral (FSC) y la autorregulación cerebral (ARC) por doppler transcraneal (DTC), evaluando la perfusión cerebral y los fenómenos de microembolias (ME) durante la CRM sin circulación extracorpórea (CEC), e identificar las posibles causas de ACV en el posoperatorio inmediato, así como también los cambios cognitivos a 30 días. Por otro lado, se incluyeron pacientes con lesiones carotídeas concomitantes y se estableció si este último factor podría relacionarse con el ACV perioperatorio.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio prospectivo, descriptivo donde se monitorearon 41 pacientes no seleccionados sometido a CRM sin CEC con dos o más puentes coronarios. Se excluyeron aquellos que tenían antecedentes neurológicos o ACV previo y en caso de que hubiese que convertir la CRM a CEC. Se realizó monitoreo hemodinámico invasivo de la presión arterial, previa anestesia general intravenosa con remifentanilo y propofol, modalidad de anestesia basada en la analgesia utilizando altas dosis de opioides. Se controló la saturación venosa, CO<sup>2</sup>, diuresis, presión arterial, y se usó ecocardiograma transesofáxico durante toda la cirugía. Como tratamiento del dolor posoperatorio se utilizó morfina y dipirone. Se monitoreó con casco de sonda de 2 MHz para DTC. Se realizaron mediciones de velocidades de flujo antes, durante y después de la luxación del corazón, mientras se realizaron las anastomosis coronarias. Además, se hizo un registro de microembolias (ME) gaseosas y sólidas. Los puentes fueron hechos con doble mamaria exclusivamente en 36 pacientes (87,8%), y asociados a puentes venosos en 5 pacientes (12%), donde tuvo que realizarse un clampeo parcial de la aorta ascendente para la confección de las anastomosis proximales, excepto en un caso que dicha anastomosis se realizó en el tronco braquiocéfálico por presentar una aorta en porcelana.

Se realizó visita durante el posoperatorio a todos los pacientes en horarios que estuvieran junto a sus familiares, para poder acordar la entrevista en consultorio de la institución o vía telefónica al mes, debido a que muchos pacientes eran de ciudades de más de 400 km. Se revisó la historia clínica y se conversó con los médicos tratantes para ver si habían presentado algún cuadro de excitación psicomotriz o delirio. Con la colaboración de la secretaria de internación, se localizó telefónicamente a los pacientes. Algunos, al ser de ciudades vecinas, optaron por la entrevista telefónica para no tener que concurrir al consultorio y contestaron las preguntas de ambos test. Las pruebas cognitivas fueron realizadas por la neurointensivista que

posteriormente completó el test conversando con familiares sobre cambios de conducta, irritabilidad, sueño, entre otros.

## RESULTADOS

De los 41 paciente, 34 fueron de sexo masculino. La edad promedio fue 65,5 años (rango 48-80). Hipertensos el 100%, diabéticos el 40%, tabaquistas severos el 40% y EPOC el 10%. Presentaban lesiones carotídeas leves el 46% y moderadas a severas el 33%. Se detectaron trastornos de la ARC en todos los pacientes durante la luxación del corazón (figura 1). Se detectó hipoperfusión cerebral en el 80% de los pacientes asociado a hipotensión arterial mejorando con infusión de volumen y en el 30% de los casos asociado a bradicardia y bajo gasto cardíaco, que mejoraron con atropina y drogas inotrópicas (noradrenalina). En el 100% de los pacientes se observó la presencia de ME gaseosas de baja intensidad y en los que se observaron ME sólidas estuvieron relacionadas directamente al desclampeo aórtico una vez finalizadas las anastomosis proximales y en un solo caso desarrolló un ACV grave (2,1%). Dos pacientes de estos presentaron cuadros de agitación y delirio en el posoperatorio inmediato, que revirtieron de inmediato sin consecuencias. Todos los pacientes tuvieron una escala de Rankin modificada de 0 a 2 y en la escala de Barthel resultaron de grado levea independientes. A los 30 días se realizó entrevista personal y todos manifestaban algún grado de trastorno emocional. No hubo mortalidad operatoria.

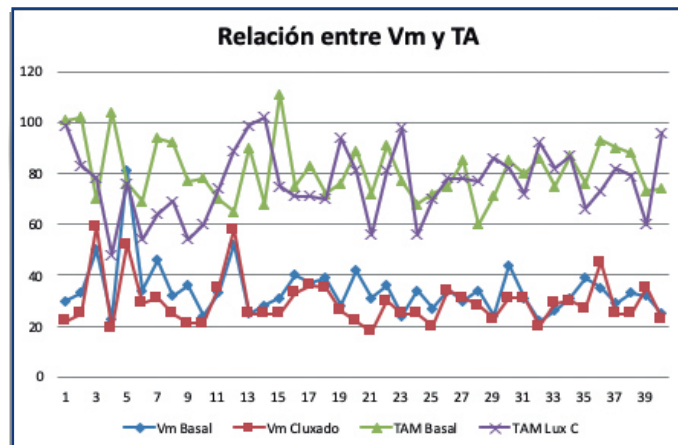
## DISCUSIÓN

El accidente cerebrovascular es una grave complicación en la CRM. Las consecuencias son devastadoras tanto para el paciente como para el contexto familiar. Las causas de ACV son complejas y multifactoriales, desde la enfermedad carotídea concomitante<sup>2</sup>, fenómenos de hipoflujo durante la luxación del corazón en el momento de confeccionar las anastomosis distales, las microembolias fundamentalmente sólidas provocadas por el manoseo de la aorta ascendente mientras se realizan las anastomosis proximales en caso de usar injertos venosos, o cuando hay enfermedades cerebrovasculares previas<sup>3,4</sup>.

El estudio previo de la estenosis carotídea es fundamental para evitar un ACV grave y al parecer la CRM sin CEC ofrece mejores resultados en ese sentido, tal como lo demuestran algunos autores<sup>5,6</sup>. En esta experiencia, el 33% de los pacientes sometidos a CRM sin CEC tenían lesiones carotídeas moderadas a severas, sin embargo, a pesar de ello, no se tomó ninguna conducta relacionada a estas (endarterectomía carotídea o angioplastia previa) y no hubo en ningún ACV en el posoperatorio. Otros autores hacen hincapié en el estudio de la aorta ascendente mediante ecocardiograma transesofágica antes y durante la CRM, pudiendo modificar la técnica quirúrgica en el momento al observar las características de aorta ascendente, ya que si esta posee placas de ateroma, el clampeo parcial

podría desprenderlas y provocar un considerable aumento de ME sólidas en la cirugía sin CEC<sup>7,8</sup>. Se intentó estudiar el comportamiento del FSC y sus mecanismos de ARC durante toda la CRM sin CEC, antes, durante y después de la luxación cardíaca. Además, se buscó identificar ME sean gaseosas o sólidas, y en qué momento de la cirugía se detectaban y qué tipo de consecuencias podían acarrear. Para ello, se utilizó un método incruento con el que no solo se puede estudiar el comportamiento del flujo cerebral durante toda la cirugía cardíaca, sino también cómo funcionan los mecanismos de autorregulación, cuando la presión arterial varía con las maniobras quirúrgicas (luxación cardíaca). Si se detectan ME de distinta naturaleza (aéreas o sólidas), detectar qué repercusiones pudieran tener en el cerebro y en qué momento específico de la cirugía aparecen. Para todo esto se utilizó el DTC, que es una técnica no invasiva que monitorea velocidades del FSC en tiempo real, permitiendo evaluar variaciones del flujo durante la cirugía. También permite identificar ME, que son detectadas como señales ultrasónicas de alta intensidad y de corta duración. Hay estudios que sugieren la relación entre estas señales embólicas intraoperatorias y el estado neurológico posoperatorio<sup>9,10,11,12,13</sup>. Algunos sugieren que más de 30 señales por minuto tiene un riesgo significativo de daño neurológico cognitivo y ACV. La mayoría de las ME son gaseosas. El monitoreo de la ARC y del FSC puede hacerse en tiempo real midiendo la velocidad del FSC mediante el DTC. Cuando la TA está dentro del rango de ARC, no hay

el estudio SYNTAX donde se observa un porcentual elevado de ACV perioperatorio al año y a los 5 años (2,2% y 3,7%, respectivamente) en la CRM, pero sin especificar si se produjeron en CRMSCEC, tampoco especifica qué tipos de injertos se utilizaron. Se observa claramente que estos resultados benefician a la angioplastia coronaria en lesiones de múltiples vasos, mostrando al ACV como “el talón de Aquiles” de la CRM. Pero cuando se analizaron estudios específicos quirúrgicos como el CORONARY1<sup>4</sup> o el estudio ROBBY<sup>15</sup>, donde se hace especial hincapié en el tipo de técnica utilizada (con o sin CEC) o qué tipos de injertos se emplearon, se observa que los resultados son variables ya que para estos últimos los porcentuales de stroke son considerablemente más bajos que para el Syntax. Para Sisillo *et al.*<sup>8</sup> y distintos autores<sup>16</sup>, no se observaron diferencias significativas de ACV entre la cirugía con o sin CEC. Pero, de cualquier manera, en ninguno de los casos se especifica verdaderamente el motivo de ACV en el perioperatorio, si es por ME tras la manipulación de la aorta ascendente en CRM sin CEC o por su clampeo parcial al utilizar la vena safena como puentes o por alteraciones del ARC producto de un bajo FSC. La presencia de distintos factores de riesgo de ACV perioperatorio, principalmente la falla renal y cardíaca, como así también la cirugía sin CEC, son determinantes en la presencia de ACV, según el análisis de un grupo multicéntrico español<sup>17</sup>. Según el análisis de los 41 pacientes, el único ACV registrado (2,1%) fue debido al manoseo de la aorta ascendente al



**FIGURA 1.** Relación entre la velocidad media (Vm) y el comportamiento de la presión arterial media (TAM) durante distintos momentos de la cirugía coronaria sin circulación extracorpórea. El diagrama muestra que, en muchas oportunidades, a pesar de tener TAM normal durante la luxación, las Vm son bajas. Esto se interpreta como una curva de autorregulación cerebral más desplazada a la derecha, por lo cual se necesitan TAM más elevadas para mantener un flujo cerebral adecuado.

correlación entre el FSC y la TA, contrariamente, cuando la TA está por fuera de los rangos de ARC y esta empeora, sí hay una correlación entre el FSC y la TA. Cuando está baja la TA, contribuye a una lesión isquémica cerebral y cuando está alta produce hiperemia, promueve el edema cerebral e incrementa la probabilidad de embolismo cerebral y delirios en el posoperatorio. Por otra parte, está descripto que el FSC es muy sensible a cambios en la pCO<sub>2</sub>, sobre todo cuando la ARC está alterada. Tomando como parámetro

confeccionar la anastomosis proximal de un puente venoso, ya que durante su desclampeo se registraron ME sólidas captadas y documentadas por el EDT. Por lo tanto, en coincidencia con varios autores<sup>18,19</sup>, la CRM debe seguir los términos de “no tocar” la aorta ascendente para evitar el desprendimiento de placas ateromatosas posibles causantes de ACV. Estas fueron las razones para estudiar por DTC el comportamiento del FSC y en qué momento y por qué circunstancia se puede producir un ACV en CRM sin CEC.

En realidad, es intenso el debate relacionado a los cambios cognitivos de los pacientes sometidos a CRM. La posibilidad de un flujo sanguíneo pulsátil (estabilización de la presión arterial, evitar el pasaje de la sangre por la membrana del oxigenador) reduce la posibilidad de activación de fenómenos inflamatorios, con lo cual la CRM sin CEC parece ser conveniente. Sin embargo, no hay pruebas fehacientes de que ello realmente ocurra<sup>17</sup> y en esta experiencia, se encontraron cambios cognitivos y emocionales a los 30 días del posoperatorio que revirtieron espontáneamente.

## CONCLUSIONES

Los fenómenos de hipoperfusión cerebral fueron detectados antes que las modificaciones de las variables sistémicas, lo que podría indicar una mayor sensibilidad del DTC. Todos los pacientes presentaron ME aéreas, pero solo uno hizo un ACV grave asociado a ME sólida durante el desclameo parcial de la aorta ascendente. A los 30 días, todos los pacientes presentaron mínimos cambios cognitivos o emocionales sin trascendencia clínica. Aunque no se desprende de este estudio, la CRM con CEC con doble mamaria se considera el gold standard de la cirugía coronaria ya que minimiza el riesgo de ACV. No se debe manipular la aorta ascendente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Patrick W. Serruys, M.D., Ph.D., Marie-Claude Morice, M.D., A. Pieter Kappetein, M.D., Ph.D., Antonio Colombo, M.D., David R. Holmes, M.D., Michael J. Mack, M.D., Elisabeth Stähle, M.D., Ted E. Feldman, M.D., Marcel van den Brand, M.D., Eric J. Bass, B.A., Nic Van Dyck, R.N., Katrin Leadley, M.D., Keith D. Dawkins, M.D., and Friedrich W. Mohr, M.D., Ph.D., for the SYNTAX Investigators. Percutaneous Coronary Intervention versus Coronary-Artery Bypass Grafting for Severe Coronary Artery Disease. *N Engl J Med* 2009;360:961-72.
- Shinichiro Miyazaki, Kenji Yoshitania, Norikazu Miura, Tomoyuki Ariea, Yuzuru Inatomi, Yoshihiko Ohnishi, Junjiro Kobayashi. Risk factors of stroke and delirium after off-pump coronary artery bypass surgery. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery* 12 (2011) 379-383.
- K. Doi, H. Yaku. Importance of cerebral artery risk evaluation before off-pump coronary artery bypass grafting to avoid perioperative stroke. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 38 (2010) 568-572.
- Olli-Pekka Kangasniemi, MS, Johannes Luukkonen, MS, Fausto Biancari, MD, PhD, Enrico Leo, MD, Sailaritta Vuorisalo, MD, PhD, Risto Pokela, MD, PhD, and Tatu Juvonen, MD, PhD, Oulu, Finland. Risk-scoring methods for prediction of postoperative stroke after coronary artery bypass surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2006;131:734-5.
- Michael O. Zembalaa, Krzysztof Filipiak, Daniel Cieslab, Jerzy Pacholewicz, Tomasz Hrapkowicz, Piotr Knapik, Roman Przybylski and Marian Zembalaa. Surgical treatment of left main disease and severe carotid stenosis: does the off-pump technique provide a better outcome? *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 43 (2013) 541-548.
- Lynda L. Mickleborough, MD Paul M. Walker, MD Yasushi Takagi, MD Masanori Ohashi, MD Joan Ivanov, MSc Miguel Tamariz, BSc. Risk factors for stroke in patients undergoing coronary artery bypass grafting. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 112, 5; 1250-1259 (1996).
- Shahzad G. Raja, Manoj Navaratnarajah, Naveed Fida, C. Saifuddin Kitchlu Interactive. For patients undergoing coronary artery bypass grafting at higher risk of stroke is the single cross-clamp technique of benefit in reducing the incidence of stroke? *Cardiovascular and Thoracic Surgery* 7 (2008) 500-503.
- E. Sisillo et al. Comparison of on pump and off pump: risk factors for neurological outcome. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 31 (2007) 1076-1080.
- Andrei V. Alexandrov. Practice standards for Transcranial Doppler (TCD) Ultrasound. Part II. Clinical Indications and expected outcomes. *J Neuroimaging* 2010; XX:1-10.
- Zsolt F. Garami. Feasibility of simultaneous pre-and postfilter transcranial Doppler monitoring during carotid artery stenting. *J Vasc Sur* 2009; 49: 340-5.
- Stefan Moritz. Accuracy of cerebral Monitoring in detecting cerebral ischemia during Carotid Endarterectomy. *Anesthesiology* 2007; 107: 563-9.
- Ronney B. Panerai. Review Article. Transcranial Doppler for evaluation of cerebral autoregulation. *Clin Auton Res.* 13 March 2009- Springer-Verlag.
- Vijay K. Sharma. Role of Transcranial Doppler Ultrasonography in evaluation of patients with Cerebrovascular Disease. *Current Neurology and Neuroscience Reports* 2007; 7: 8-20.
- André Lamy, M.D et al., Effects of off-pump and on-pump coronary-artery bypass grafting at 1 year. *N Engl J Med* 2013;368:1179-88.
- Brack Hattler, et al. Off-Pump Coronary Artery Bypass Surgery Is Associated With Worse Arterial and Saphenous Vein Graft Patency and Less Effective Revascularization: Results From the Veterans Affairs Randomized On/Off Bypass (ROOBY) Trial. *Circulation.* 2012;125:2827-2835.
- Christine S. Ernest, et al. Neurocognitive Outcomes in Off-Pump Versus On-Pump Bypass Surgery: A Randomized Controlled Trial. *Ann Thorac Surg* 2006;81:2105-14.
- Fernando Horneroa, Elio Martínez, Rafael Rodríguez, Manel Castellà, Carlos Porrás, Bernat Romero, Luis Marotof and Enrique Pérez de la Sotag on behalf of the Working Group on Arrhythmia Surgery and Cardiac Pacing of the Spanish Society for Cardiovascular and Thoracic Surgery (SECTCV). Off-pump surgery in preventing perioperative stroke after coronary artery bypass grafting: a retrospective multicentre study. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 44 (2013) 725-731.
- Moss E, Puskas JD, Thourani VH, Kilgo P, Chen EP, Leshnower BG, Lattouf OM, Guyton RA, Glas KE, Halkos ME. Avoiding aortic clamping during coronary artery bypass grafting reduces postoperative stroke. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, doi: 10.1016/j.jtcvs.2014.09.011.
- Oren Lev-Ran, MD, Rony Braunstein, PhD, Ram Sharony, MD, Amir Kramer, MD, Yosef Paz, MD, Raphael Mohr, MD, Gideon Uretzky, MD. No-touch aorta off-pump coronary surgery: The effect on stroke. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2005;129:307-13.

### Conflicto de intereses

Ninguno de los autores del presente trabajo tiene conflicto de intereses para declarar.