

TRABAJOS DE REVISIÓN

ALGUNOS TÓPICOS SOBRE PROTECCIÓN MEDULAR EN CIRUGÍA AÓRTICA

DR. MAURICIO GONZÁLEZ L.

La cirugía de la aorta torácica descendente (ATD) y de la aorta tóraco-abdominal (ATA), es amenazada con complicaciones derivadas de la isquemia medular, lo que resulta en paraparesia o paraplejía, que finalmente se traduce en un riesgo aumentado de mortalidad postoperatoria precoz y tardía. Un mayor entendimiento de la patogenia del daño medular isquémico que ocurre después de esta cirugía ha llevado al desarrollo de diferentes estrategias para disminuir el riesgo de paraplejía postoperatoria. La eficacia de estas estrategias ha sido evaluada en numerosos estudios experimentales y clínicos, lo que ha llevado a una significativa reducción en la incidencia de disfunción medular postoperatoria. Sin embargo, ninguno de estos métodos ha demostrado por sí solo reducir la incidencia de paraplejía a cero.

El motivo de este artículo es describir algunas de las estrategias de protección medular, y los avances más significativos en este campo durante la última década.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La médula espinal, al igual que el cerebro, es muy sensible a la isquemia. Un episodio isquémico de menos de 10 minutos se transformará rápidamente en infarto, con las consecuencias clínicas que esto traduce¹.

La isquemia espinal post ligadura de la aorta (AO), fue inicialmente descrito en forma expe-

rimental por Stenonis en 1667. La disfunción espinal en relación a cirugía de un aneurisma aórtico, no fue reportada hasta 1962 por Mehrez. Crawford en 1986 fue el primero que reportó una serie grande de pacientes operados de aneurismas de la ATD, con una incidencia de paraplejía de 9%^{2,3}.

Cox en 1992, reportó una incidencia de paraplejía de hasta 38% en un grupo de pacientes intervenidos con aneurismas de la ATA tipo I y II (clasificación de Crawford). Desde entonces el daño isquémico medular después de reparar un aneurisma de la ATD y ATA permanece como una complicación devastadora de este tipo de cirugía. Los pacientes con paraplejía postoperatoria tienen una menor sobrevida. La incidencia de paraplejía después de cirugía de la ATA, varía de 4% para aneurismas de la ATA tipo IV a 31% para los tipo I y II (Svensson 1990)³⁻⁵. Los factores que se han asociado con daño neurológico postoperatorio se describen en la Tabla 1.

Avances en la técnica quirúrgica y la incorporación de nuevos adyuvantes en protección espinal han permitido disminuir considerablemente el riesgo de disfunción medular postoperatoria.

TABLA 1. FACTORES ASOCIADOS A DAÑO NEUROLÓGICO⁶

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Extensión del Aneurisma • Tiempo de clamp Aórtico • Disección aguda/Ruptura • Cirugía AO previa • Diabetes Mellitus • Disfunción renal previa |
|--|

La extensión de los aneurismas torácicos fue caracterizada utilizando la clasificación de Crawford⁴ (Figura 1):

Tipo I que involucra casi toda la extensión de la AO torácica descendente, Tipo II que incluye la AO torácica descendente y parte de la AO abdominal, tipo III que incluye la AO descendente torácica distal y parte de la AO abdominal, tipo IV que incluye la AO abdominal en los segmentos donde se originan los vasos viscerales.

Ya en 1993, Svensson⁷ en un análisis de regresión logística múltiple, demostró que el riesgo de paraplejía se correlacionaba en forma directa con el tiempo de clamp AO y la extensión del aneurisma, siendo el riesgo mucho mayor para los pacientes con aneurisma tipo I y II.

IRRIGACIÓN DE LA MÉDULA ESPINAL

El conocimiento del aporte sanguíneo a la médula ha sido básico para entender el componente anatómico del daño medular isquémico y ha permitido el desarrollo de técnicas quirúrgicas y estrategias de perfusión para prevenir esta grave complicación. El aporte sanguíneo a la médula distal es principalmente vía las ramas radicales anterior y posterior de las arterias intercostales y lumbares. Estas son conectadas en forma única por vía anterior y doble por vía posterior formando las arterias espinales, las cuales corren longitudinalmente a lo largo de la médula. Estas también forman conexiones con las ramas espinales de la arteria vertebral, cervical profunda y la arteria sacra lateral originada de la arteria ilíaca interna. Frecuentemente, una de éstas es un vaso dominante, la arteria de Adamkiewicz o arteria radicular magna (Warwick 1973). Esta arteria tiende a originarse entre la novena vértebra torácica y la segunda lumbar en la mayoría de los casos (85%) (Grace 1997). Esta arteria es considerada ser el mayor aporte sanguíneo y da las ramas críticas a los 2/3 distales de la médula; su interrupción puede llevar a paraplejía^{8,9}.

Además, una extensa circulación colateral es también provista por arterias extrínsecas, que son más probables de encontrar en el anciano, usualmente afectado por la enfermedad arterial ATE difusa. Un estudio bastante interesante de Christiansson, demostró que la mantención de la PAM aórtica proximal es de importancia crítica

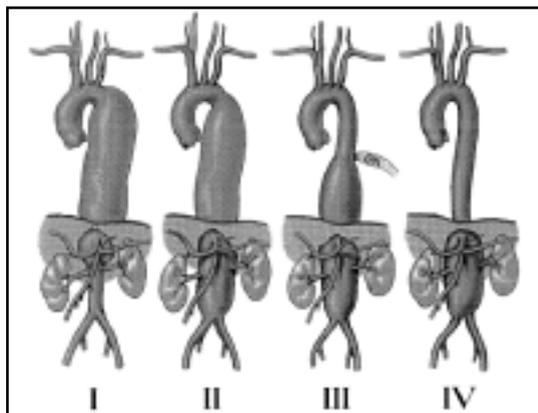


Figura 1. Clasificación de los aneurismas ATA (clasificación de Crawford modificada)

para alcanzar un nivel seguro de PO_2 a nivel de LCR después del clamp AO⁹. Estas observaciones sugieren que la circulación colateral perimedular es de gran importancia y el control farmacológico de la HTA proximal después del clamp, como también evitar estados de hipotensión tanto en el intra como en el postoperatorio puede ser vital para disminuir los estados de bajo flujo durante el clamp y post substitución aórtica, lo que podría tener un impacto mayor sobre la perfusión de la médula.

ESTRATEGIAS PARA PREVENIR EL DAÑO ISQUÉMICO DE LA MÉDULA ESPINAL

Las estrategias (Tabla 2) destinadas a reducir las complicaciones neurológicas derivadas de esta cirugía están enfocadas sobre 3 áreas⁴:

- Duración y grado de isquemia medular
- Falla en reestablecer un aporte sanguíneo adecuado
- Daño por reperfusión

TABLA 2. MÉTODOS PROTECTORES DE LA MÉDULA EN CIRUGÍA AÓRTICA

- Perfusión AO distal pasiva y activa
- Bypass cardiopulmonar total (CEC)
- Paro circulatorio en hipotermia profunda
- Enfriamiento espinal directo
- Identificación y reimplantación de arterias segmentarias críticas
- Drenaje de LCR
- Monitorización con PEM y PES
- Métodos farmacológicos

Si bien la etiología del daño de la médula espinal en el postoperatorio de la cirugía de la ATD y ATA es multifactorial, la isquemia es el principal responsable.

Perfusión Aórtica Distal

La razón para perfundir el segmento distal al clamp colocado en la aorta torácica o abdominal es para proveer flujo sanguíneo retrogrado a la médula espinal a través de las arterias intercostales y lumbares o a través de la circulación colateral distal. Estudios experimentales y clínicos parecen soportar su uso clínico rutinario y los beneficios de la perfusión aórtica distal parecen particularmente evidentes cuando el tiempo de clamp AO es probable que exceda los 30 minutos¹⁰.

Shunt pasivos como el shunt de GOTT o el bypass axilo femoral han sido exitosamente usados en el pasado, pero tienen el inconveniente de proveer flujos sanguíneos y presión de perfusión (PP) medular sub óptimos y no pueden ajustar la presión de perfusión (PP) distal⁸. Actualmente han sido reemplazados por el uso de un bypass parcial de aurícula izquierda al segmento AO distal o arteria femoral o incluso, bypass cardio pulmonar total (CEC) a través del cual la PP y la temperatura pueden ser regulados. El bypass atrio-femoral o atrio-AO puede ser ajustado para mantener una presión arterial media (PAM) distal de 60 a 70 mmHg, valores a los cuales es más probable mantener una PP medular >40 mmHg. Además, un mejor control de la presión AO proximal y de la presión de la arteria pulmonar (PMAP) puede ser alcanzado sin intervención farmacológica, con el efecto potencial positivo sobre la presión de líquido cefalorraquídeo (PLCR) y la presión intracraneal. Otra ventaja del bypass parcial es que no requiere oxigenador ni reservorio, por lo que la heparinización es mínima y permite una perfusión selectiva del riñón y vísceras abdominales a 4°C¹¹.

Bypass Cardiopulmonar Hipotérmico

La hipotermia parece proveer neuroprotección durante el insulto isquémico reduciendo la tasa metabólica cerebral y medular de oxígeno

(O₂) aproximadamente en 5% por cada reducción de la temperatura en 1 grado Celsius.

La hipotermia profunda (HP) con periodos de paro circulatorio (PC) ha demostrado ser particularmente efectiva durante el tratamiento quirúrgico de aneurismas de la ATD y la ATA complejos con compromiso del arco o aorta ascendente, donde el clamp proximal es inseguro o hay indicación de reemplazo del arco. Las ventajas de esta técnica serían: disección mínima de la AO, evita la necesidad de clamp AO proximal y permite un campo quirúrgico exangüe. La HP ofrece protección al cerebro, médula, riñón y vísceras abdominales y por un segundo mecanismo protector permite la modulación en la liberación de aminoácidos excitatorios que puede contribuir en el daño isquémico tardío y la injuria por reperfusión. Kouchoukos y cols¹², publicaron una serie de 114 pacientes con aneurisma de la ATD y ATA, en los que utilizó esta técnica, alcanzando una mortalidad de 8%, una incidencia de paraplejia de 2,8% y 1,9% de AVE, sin isquemia tardía o retardada. Sin embargo, no fue el único método de protección espinal que utilizó.

Otros autores (Moriyama, Carrel, Griep)⁸ también han reportado series más pequeñas utilizando esta técnica con buenos resultados (incluso superiores al uso de bypass parcial con hipotermia moderada). Sin embargo, considerando el tiempo breve de PC de las distintas series, la técnica de HPPC en este tipo de pacientes con aneurismas de la ATD y ATA sería un buen método protector en manos expertas y casos dificultosos.

Hipotermia Regional

La hipotermia regional ha sido sugerida para ofrecer una protección espinal adecuada evitando las complicaciones potenciales asociadas con la hipotermia sistémica, como arritmias, coagulopatía e infecciones. El enfriamiento de la médula ha sido realizado en modelos experimentales y clínicos por perfusión a través de los vasos intercostales y lumbares, del espacio subdural o epidural, aplicando bolsas de hielo sobre la zona lumbar o a través de la perfusión venosa retrógrada espinal.

Cambria¹³, reportó una serie de 170 pacientes sometidos a reparación quirúrgica de aneu-

rismas de la ATD Y ATA, empleando métodos coadyuvantes como enfriamiento epidural, reimplantación de las arterias intercostales desde T8 a L1, monitoreo de presión y drenaje de LCR para mantener una presión < 12 mmHg desde el intraoperatorio y en forma pasiva hasta 48 horas postop. La temperatura promedio del LCR fue de 26,4 grados y la T° sistémica de 35 grados durante el clamp. La mortalidad global fue de 9,5% con un tasa de paraplejia de 2%. La importancia de evitar episodios intra y posoperatorios de hipotensión de manera de reducir el riesgo de isquemia espinal fue remarcada por los autores. En este estudio no se utilizó perfusión distal en el 98% de los pacientes, empleando solamente enfriamiento epidural, monitoreo y drenaje de LCR y reimplantación de arterias segmentarias, alcanzando buenos resultados, lo que confirma la utilidad de estos últimos métodos en el tratamiento quirúrgico de los aneurismas de la ATA.

Identificación y Reimplantación de Arterias Segmentarias Críticas

La reinscripción de las arterias intercostales y lumbares ha sido postulada para preservar el flujo sanguíneo (FS) a la médula. Sin embargo, unas pocas arterias segmentarias son de importancia crítica en abastecer la arteria de Adamkiewicz o ARM. En el último tiempo, el rol vital de esta arteria en la irrigación distal de la médula ha sido puesto en duda (Griep 1996, Kosino 1999)⁸. Minatoya, trató de identificar la ARM por angiografía en el preoperatorio de los pacientes con patología de la ATA. Esta fue localizada solamente en el 60% de los pacientes. Su identificación no tuvo impacto sobre la incidencia de paraplejia postoperatoria¹⁴. Kawaharada, en un estudio no aleatorio con comparación histórica, utilizó resonancia nuclear magnética (RNM) preoperatoria para identificar la ARM en pacientes con aneurismas de la ATA. En 40 pacientes consecutivos, se identificó el vaso en el 73% de los casos, si bien no hubo diferencias en la incidencia de paraplejia y mortalidad con respecto al control histórico, los tiempos de clamp y perfusión aórtica distal fueron significativamente menores en los pacientes en que previamente se había identificado la arteria¹⁵. Un comentario re-

cientemente publicado, insiste en lo controversial del tema, existiendo 2 escuelas: una a favor de la presencia de una arteria única que nacería entre T8 y L2 (ARM) y que habría que identificar. El otro grupo, considera el aporte sanguíneo a la médula no dependiente de una arteria única, sino por una vasculatura más extensa de vasos espinales, asociado a una extensa circulación colateral provista por arterias extrínsecas lo que darían cuenta del FS total¹⁶. Si bien la reinscripción de este vaso, no asegura un buen pronóstico neurológico, su localización previa podría disminuir los tiempos de clamp aórtico y quirúrgico, lo que puede conllevar una menor morbilidad.

EVALUACIÓN DE LA INTEGRIDAD DE LA MÉDULA ESPINAL DURANTE LA CIRUGÍA VASCULAR AÓRTICA

Una de las limitaciones de las estrategias protectivas espinales es la inhabilidad para poder evaluar lo adecuado de la perfusión espinal y la función medular y lo efectivo de estas medidas. Los potenciales evocados han sido extensamente estudiados y empleados en este tipo de cirugía. Tienen el valor de ser un método simple, no invasivo y de gran valor como monitor de isquemia medular (Figura 2).

La medición de los potenciales evocados motores (PEM) y sensitivos (PESS) permite la detección de isquemia espinal y guía la estrategia operativa para reestablecer el flujo sanguíneo adecuado a la medula¹⁷. Además, se utilizan para hacer una reinscripción guiada en el intraoperatorio de las arterias segmentarias críticas.

El valor crítico de la presión AO distal que produce una caída del PEM, es utilizado como guía para el manejo postoperatorio. Por lo tanto, este tipo de monitorización debería ser mantenido durante el posoperatorio (PESS). Cada método tiene sus ventajas y desventajas, y la superioridad de uno sobre el otro, como su efecto benéfico protector medular aislado es controversial¹⁸.

Determinantes de la Presión de Perfusión Medular (PPM)

Como se observa en la Figura 2, los determinantes de la PPM a nivel de la médula toráci-

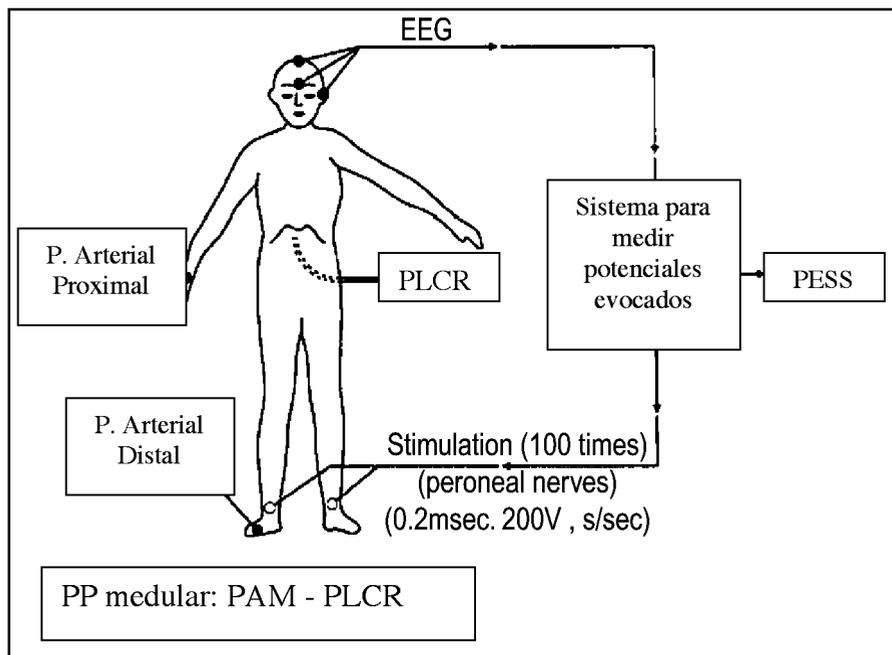


Figura 2. Evaluación de la perfusión e integridad de la médula

EEG: electroencefalograma. PESS: potenciales evocados someto sensitivos. PLCR: presión de líquido cefalorraquídeo. PP: presión de perfusión. PAM: presión arterial media.

ca y lumbar serían la presión media aórtica distal y la presión de LCR. Al igual que a nivel cerebral, la PPM mantiene autorregulación en valores que van entre 120 y 50 mmHg. Esta se pierde frente a la hipoxia e hipercapnia⁴.

Ha sido demostrado que el clamp de la AO torácica está asociado con un aumento de la PLCR, lo que probablemente se debe a un aumento abrupto en el FS cerebral, la presión intracraneal y la presión venosa central después del clamp. El edema tisular por daño de la barrera hematoencefálica, 8-24 horas después de la reperusión, la cual es aumentada por la hiperemia progresiva retardada, puede ser responsable del daño isquémico espinal tardío¹⁹.

El control de la HTA proximal que sigue al clamp de la AO torácica para reparar aneurismas torácicos y toracoabdominales es necesario para prevenir la falla del ventrículo izquierdo, el IAM y eventos cerebrales hemorrágicos. Tanto los métodos mecánicos como farmacológicos utilizados para controlar la HTA central durante la oclusión AO afectan la dinámica del LCR y la PP espinal.

¿Sirve el drenaje de LCR (DLCR)?

Dado que la PPM está relacionado con la diferencia entre la PAM y la PLCR, un monitoreo continuo y drenaje de LCR para mantener una presión menor de 10 mmHg ha sido reconocido como una importante herramienta para proteger la médula durante la cirugía de la ATD y ATA. Sin embargo, la monitorización y drenaje de LCR por sí sólo, no prevendría todos los daños isquémicos de la médula²⁰.

A la fecha, el uso de DLCR como protector medular en cirugía de la AO, no ha sido nunca evaluado en un estudio controlado, aleatorio y multicéntrico. En el 2000, Ling y Arellano realizaron una revisión sistemática sobre la evidencia que soporta el uso de DLCR en cirugía de la ATA, para prevención de paraplejia²¹. Los autores concluyeron que: "ninguna intervención ha sido probada para reducir la incidencia de déficit neurológico después de reparar la ATA... el rol del DLCR para prevención del déficit tardío postop también permanece indeterminado".

Recientemente Khan y Standsby a través de un metaanálisis, intentaron encontrar evidencia sólida que apoyara el DLCR para prevenir paraplejia en este tipo de cirugía²². La mayoría de los estudios encontrados eran no aleatorios, con datos confusos y comparaciones históricas. Se encontraron 10 trabajos con mayor base científica, de los cuales sólo se seleccionaron tres (Tabla 3)²³⁻²⁵. En estos, ninguno utilizó sólo el DLCR como método aislado de protección contra el daño isquémico espinal. Los dos primeros estudios presentaron inconvenientes: en la serie de Crawford, el drenaje de LCR fue insuficiente y se detuvo en el postoperatorio, además el uso de métodos de protección coayudantes no fue estándar para todos los pacientes. El estudio de Svensson, tiene un número de pacientes pequeño, con el riesgo del error estadístico tipo I, y el uso concomitante de papaverina intratecal sólo en los pacientes con DLCR hace a los grupos no comparables. Si bien, el estudio de Coselli está bien planteado del punto de vista metodológico y en forma adecuada mostró evidencia

de la protección medular del DLCR, los autores del metaanálisis concluyen que aún no existe evidencia suficiente que apoye el uso del DLCR como técnica aislada para evitar el daño neurológico posterior a la cirugía de la aorta²². Además el análisis comparativo de la mortalidad global y la tasa de sobrevida de las tres series nos lleva a pensar que el uso de DLCR no se tradujo en un cambio en el pronóstico vital.

Medidas Farmacológicas Neuro protectoras

Fallas para identificar las arterias críticas que irrigan la médula, dificultad en la instalación de un catéter de drenaje de LCR y el lograr un funcionamiento óptimo del bypas parcial para proveer una protección espinal efectiva no es inusual, esto lleva a investigar si la intervención farmacológica podría prolongar el tiempo seguro de clamp AO y/o atenuar el daño medular.

Durante las últimas dos décadas numerosos estudios han intentado confirmar el efecto benéfico de una gran cantidad de drogas con dife-

TABLA 3.

Parámetro	Estudio	Houston ²³ Crawford 1991	Svensson ²⁴ 1998	Texas ²⁵ Coselli 2002
n: 2 grupos DLCR/Control		100 pac 42/56	33 pac** 17/16	156 82/74
• Asistencia izquierda		40%	100%	100%
• Reinserción Arterias segmentarias		77%	100%	100%
• Hipotermia moderada		no	100%	100%
• Papaverina intratecal		no	51%	no
			(17 pac DLCR)	
LCR				
• Volumen drenado (ml)		24 a 120	Libre Intraop	Libre
• Drenaje postop		No	± 2 días	> 2 días
• PLCR (mmHg)		50% pac < 10	No > 13	No > 12
% Paraplejia (DLCR vs control)		30% vs 33%	12% vs 44%***	2,7% vs 12%***
Mortalidad global		—	6%	7,1%
Tasa de Sobrevida (alta)		96%	96,9%	95,9%
Factores asociados a daño neurológico		Edad avanzada, ATA grado II, Tiempo clamp hipotensión postop	Tiempo clamp significativamente mayor (control)	Neurólogo que examinó a los pac, no ciego al estudio

**un análisis interno de la institución hizo que el estudio se detuviera precozmente

***p < 0,039, p<0,03

rentes objetivos terapéuticos²⁶. Los que principalmente han demostrado alguna utilidad clínica son los glucocorticoides, los demás fármacos basan su efecto en actuar como estabilizadores de membrana, captadores de radicales libres, disminuir la toxicidad por calcio y otros mediadores durante la injuria por reperfusión, actuar como vasodilatadores a nivel espinal local, bloqueadores o antagonistas de la acción de neurotransmisores o aminoácidos excitatorios²⁷.

La utilidad neuro protectora de estos fármacos, en su mayoría sólo se ha demostrado en estudios experimentales, nunca como una medida aislada de protección, sino más bien como coadyuvantes de las medidas previamente mencionadas.

CONCLUSIÓN

La protección medular durante la cirugía de la aorta torácica y toracoabdominal de alto riesgo, sigue siendo un desafío. La etiología del daño neurológico es multifactorial, asociado a la magnitud de la cirugía. Según los datos previamente presentados, el tratamiento recomendado sería multimodal, dado que no hay evidencia científica que apoye el uso de una técnica aislada para evitar esta complicación.

Si bien, es probable que estudios experimentales y multicéntricos puedan incentivar la utilización de nuevos métodos de protección espinal, la incorporación de la cirugía endovascular en este tipo de patología podría modificar nuestro enfrentamiento actual.

REFERENCIAS

- Gharagozloo F, Neville RF Jr, Cox JL. Spinal cord protection during surgical procedures on the descending thoracic and thoracoabdominal aorta: a critical overview. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 1998 Jan; 10(1): 73-86.
- Hilgenberg AD. Spinal cord protection for thoracic aortic surgery. *Cardiol Clin* 1999 Nov; 17(4): 807-13.
- Wan IY, Angelini GD, Bryan AJ, Ryder I, Underwood MJ. Prevention of spinal cord ischaemia during descending thoracic and thoracoabdominal aortic surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001 Feb; 19(2): 203-13.
- Afifi S. Pro: Cerebrospinal Fluid Drainage Protects the Spinal Cord during Thoracoabdominal Aortic Reconstruction Surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2002 Oct; 16(5): 643-9.
- Wallace L. Con: Cerebrospinal Fluid Drainage does not protect the Spinal Cord during Thoracoabdominal Aortic Reconstruction Surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2002 Oct; 16(5): 650-2.
- Safi HJ, Campbell MP, Ferreira ML, Azizzadeh A, Miller CC. Spinal cord protection in descending thoracic and thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 1998; 10: 41-4.
- Svensson LG, Crawford ES, Hess KR. Experience with 1509 patients undergoing thoracoabdominal aortic operations. *J Vasc Surg* 1993; 17: 357-70.
- Juvonen T, Biancari F et al. Strategies for spinal cord protection during descending thoracic and thoracoabdominal aortic surgery: Up-to-date experimental and clinical results - A review. *Scand Cardiovasc J* 2002 May; 36 (3): 136-60.
- Christiansson L, Ullus AT et al. Aspects of the spinal cord circulation as assessed by intrathecal oxygen tension monitoring during various arterial interruptions in the pig. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001; 121: 762-72.
- Safi HJ, Campbell MP, Ferreira ML, Miller CC. Spinal cord protection in descending thoracic and thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 1998 Jan; 10(1): 41-4.
- Estrera AL, Miller CC 3rd, Huynh TT, Porat E, Safi HJ. Neurologic outcome after thoracic and thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *Ann Thorac Surg* 2001; 72: 1225-30.
- Kouchoukos NT, Rokkas CK, Murphy SF. Safety and efficacy of hypothermic cardiopulmonary bypass and circulatory arrest for operations on descending thoracic and thoracoabdominal aorta. *Ann Thorac Surg* 2001; 72: 699-708.
- Cambria RP, Davison JK, Carter C. Epidural cooling for spinal cord protection during thoracoabdominal aneurysm repair. *J Vasc Surg* 2000; 31: 1093-102.
- Minatoya K, Karck M, Hagl C et al. The impact of spinal angiography on the neurological outcome after surgery on the descending thoracic and thoracoabdominal aorta. *Ann Thorac Surg* 2002; 74: S1870-S1872.
- Kawaharada N, Morishita K, Fukada J. Magnetic Resonance Angiographic Localization of the Artery of Adamkiewicz for Spinal Cord Blood Supply. *Ann Thorac Surg* 2004; 78: 846-52.
- Elefteriades JA, Weinreb J. Invited Commentary. *Ann Thorac Surg* 2004; 78: 851-2.
- Guerit JM, Dion RA. State-of-the-art of neuromonitoring for prevention of immediate and delayed paraplegia in thoracic and thoracoabdominal aorta surgery. *Ann Thorac Surg* 2002; 74: S1867-9.
- Dong CC, MacDonald DB. Intraoperative spinal cord monitoring during descending thoracic and thoracoabdominal aneurysm surgery. *Ann Thorac Surg* 2002; 74: S1873-6.
- Wada T, Yao H, Miyamoto T. Prevention and detection of spinal cord injury during thoracic and thoracoabdominal aortic repair. *Ann Thorac Surg* 2001; 72: 80-4.
- Cina CS, Abouzahr L, Arena GO, Lagana A. Cerebrospinal fluid drainage to prevent paraplegia during thoracic and tho-

- racoabdominal aortic aneurysm surgery: a systematic review and meta-analysis. *J Vasc Surg* 2004; 40: 36-44.
21. Ling E, Arellano R. Systematic overview of the evidence supporting the use of cerebrospinal fluid drainage in thoracoabdominal Aneurysm surgery for prevention of paraplegia. *Anesthesiology* 2000; 93: 1115-22.
 22. Khan SN, Stansby G. Cerebrospinal fluid drainage for thoracic and thoracoabdominal aortic aneurysm surgery. *Cochrane Database Syst Rev* 2004; (1): CD003635.
 23. Crawford ES, Svensson LG, Hess KR. A prospective randomized study of cerebrospinal fluid drainage to prevent paraplegia after high-risk surgery on the thoracoabdominal aorta. *J Vasc Surg* 1991; 13: 36-45.
 24. Svensson LG, Hess KR, D'Agostino RS et al. Reduction of neurologic injury after high-risk thoracoabdominal aortic operation. *Ann Thorac Surg* 1998; 66: 132-8.
 25. Coselli JS, LeMaire SA, Koksoy C et al. Cerebrospinal fluid drainage reduces paraplegia after thoracoabdominal aortic aneurysm repair: Results of a randomized clinical trial. *J Vasc Surg* 2002; 35: 631-9.
 26. Lintott P, Hafez HM, Stansby G. Spinal cord complications of thoracoabdominal aneurysm surgery. *Br J Surg* 1998; 85: 5-15.
 27. Levine Wilton C, Lee Jonathan J, Black, James H, Cambria Richard P, Davison J Kenneth. Thoracoabdominal Aneurysm Repair: Anesthetic Management. *Intl Anesthesiol Clinics* 2005; 43: 39-60.