

Universidad de Costa Rica

Sistema de Estudios de Posgrado  
Programa de Posgrado en Especialidades Médicas

**Título:** Consideraciones perioperatorias en el manejo de catéter espinal como técnica de protección medular en cirugía de reparación endovascular de aorta toracoabdominal.

Trabajo final de graduación sometido a la consideración del comité de la Especialidad en Anestesiología y Recuperación para optar por el grado y título de Especialista en Anestesiología y Recuperación.

Dra. Carolina Bonilla Acosta  
Año 2023



**Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.**

Yo, Carolina Bonilla Acosta, con cédula de identidad 115150479, en mi condición de autor del TFG titulado \_\_\_\_\_

Consideraciones perioperatorias en el manejo de catéter espinal como técnica de protección medular en cirugía de reparación endovascular de aorta toracoabdominal.

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. **SI**  **NO** \*

\*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: \_\_\_\_\_ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

**INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE:**

Nombre Completo: Carolina Bonilla Acosta

Número de Carné: B11057 Número de cédula: 115150479

Correo Electrónico: caroh\_242@hotmail.com

Fecha: 12 octubre 2023 Número de teléfono: 88250380

Nombre del Director (a) de Tesis o Tutor (a): Dra. Beatriz Jiménez Meza

**FIRMA ESTUDIANTE**

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

**Agradecimientos**

Quiero dar gracias a mi familia, amigos y profesores por su apoyo durante todos estos años. Especialmente gracias a mi Tuti que me acompañó tantas noches. Hay que creer en lo que hacemos y somos.

**Dedicatoria**

A esos paciente que queremos ayudar.

"Esta Tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Anestesiología y Recuperación de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Especialista en el Programa de Posgrado Anestesiología y Recuperación"



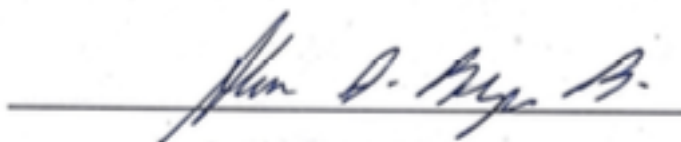
---

Dra. Beatriz Jiménez Meza  
Anestesióloga  
Tutor/Profesor Guía



---

Dr. Alonso Hidalgo Setura  
Anestesiólogo  
Lector 1



---

Dr. Alan Borges Bolaños  
Director Coordinador Programa de Posgrado en la Especialidad en Anestesiología y  
Recuperación



---

Dra. Carolina Bonilla Acosta  
Sustentante

## Carta revisión tutor

26 julio 2023

Comité Director del Trabajo Final de Graduación Programa de Posgrado en  
Especialidades Médicas Sistema de Estudios de Posgrado  
Universidad de Costa Rica

Por este medio hago constar que mi persona Dra. Beatriz Jiménez Meza, en función de tutora del trabajo final de graduación de la Dra. Carolina Bonilla Acosta, cédula 115150479, para optar por el grado y título de Especialista en Anestesiología y Recuperación titulado: "Consideraciones perioperatorias en el manejo de catéter espinal como técnica de protección medular en cirugía de reparación endovascular de aorta toracoabdominal" bajo modalidad de revisión bibliográfica, en su entrega final fue revisado y corregido en su totalidad por ambas partes. Este documento final cuenta con mi aprobación.

Atentamente;

**BEATRIZ  
JIMENEZ  
MEZA  
(FIRMA)**

Firmado  
digitalmente por  
BEATRIZ JIMENEZ  
MEZA (FIRMA)  
Fecha: 2023.08.02  
09:46:36 -06'00'

Dra. Beatriz Jiménez Meza

Tutora de Tesis

## Carta revisión lector

26 julio 2023

Comité Director del Trabajo Final de Graduación Programa de Posgrado en  
Especialidades Médicas Sistema de Estudios de Posgrado  
Universidad de Costa Rica

Por este medio hago constar que mi persona Dr. Alonso Hidalgo Segura, en función de lector del trabajo final de graduación de la Dra. Carolina Bonilla Acosta, cédula 115150479, para optar por el grado y título de Especialista en Anestesiología y Recuperación titulado: "Consideraciones perioperatorias en el manejo de catéter espinal como técnica de protección medular en cirugía de reparación endovascular de aorta toracoabdominal" bajo modalidad de revisión bibliográfica, en su entrega final fue revisado y corregido en su totalidad por ambas partes. Este documento final cuenta con mi aprobación.

Atentamente;

**HECTOR  
ALONSO  
HIDALGO  
SEGURA  
(FIRMA)**

Firmado digitalmente  
por HECTOR ALONSO  
HIDALGO SEGURA  
(FIRMA)  
Fecha: 2023.07.26  
15:01:51 -06'00'

Dr. Alonso Hidalgo Segura

Lector de Tesis

**San José, 18 de julio de 2023**

Sres. Sistema de Estudios de Posgrado

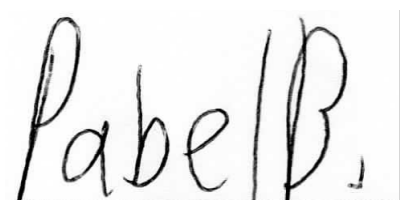
Universidad de Costa Rica

Estimados señores:

Comunico que leí el trabajo final de graduación denominado “Consideraciones perioperatorias en el manejo de catéter espinal como técnica de protección medular en cirugía de reparación endovascular de aorta toracoabdominal”, elaborado por la estudiante Carolina Bonilla Acosta, para optar por el título y grado de especialista en Anestesiología y Recuperación.

Se realizaron observaciones al trabajo en aspectos tales como: construcción de párrafos, vicios del lenguaje que se trasladan a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico. Desde ese punto de vista considero que, una vez realizadas las correcciones del caso, estará listo para ser presentado como Trabajo Final de Graduación, por cuanto cumple con los requisitos establecidos por la Universidad de Costa Rica.

Suscribe de ustedes cordialmente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Pabel B.', enclosed in a thin black rectangular border.

Pabel José Bolívar Porras

Filólogo/ Cédula: 7-0170-0718 Carnet Colypro: 67873

Teléfono: 8707-9270

Email: pabelb@gmail.com

Bonilla Acosta, Carolina. Hospital México.  
Caja Costarricense del Seguro Social  
[caroh\\_242@gmail.com](mailto:caroh_242@gmail.com)

**Tema:** Consideraciones perioperatorias en el manejo de catéter espinal como técnica de protección medular en cirugía de reparación endovascular de aorta toracoabdominal.

**Resumen:** La reparación de aneurisma toracoabdominal es una cirugía de alto riesgo de mortalidad como de morbilidad. La posibilidad de realizar un abordaje endovascular (TEVAR) reduce estos riesgos. Se realiza una revisión bibliográfica de literatura publicada en los últimos diez años sobre medidas generales de protección medular para prevención y manejo de isquemia medular en cirugía endovascular para reparación de aorta descendente torácica principalmente. La médula espinal tiene una irrigación sanguínea extensa formada por un sistema complejo de arterias colaterales. Se enfoca en las consideraciones generales para la colocación de un catéter espinal para monitorización y drenaje de LCR con el fin de mejorar la presión de perfusión medular para prevenir y tratar la isquemia medular. Sin embargo; la fisiopatología de la isquemia medular es multifactorial y su abordaje debe ser multidisciplinario. No se debe implementar el catéter como medida

única preventiva, ya que esto sería insuficiente. Se debe tomar en cuenta la hemodinamia general del paciente, el aporte de oxígeno con niveles adecuados de hemoglobina y la optimización de otras comorbilidades del paciente. La presentación de una lesión isquémica medular aumenta de manera dramática la mortalidad de estos pacientes.

**Palabras clave:** TEVAR, catéter espinal, drenaje lumbar externo, protección medular, lesión isquémica medular.

Bonilla Acosta, Carolina. Mexico Hospital.  
Caja Costarricense del Seguro Social  
caroh\_242@gmail.com

**Subject:** Perioperative considerations in the management of spinal catheter as a spinal protection technique in thoracoabdominal aortic endovascular repair surgery.

**Abstract:** Thoracoabdominal aneurysm repair is a surgery with high risk of mortality and morbidity. The possibility of performing an endovascular approach (TEVAR) reduces these risks. A systematic review of the literature published in the last ten years on general measures of spinal cord protection for prevention and management of spinal cord ischemia in endovascular surgery for repair of thoracic descending aorta was performed. The spinal cord has an extensive blood supply formed by a complex system of collateral arteries. It focuses on the general considerations for placement of a spinal catheter for CSF monitoring and drainage to improve spinal cord perfusion pressure to prevent and treat spinal cord ischemia. However, the pathophysiology of spinal cord ischemia is multifactorial and its approach should be multidisciplinary. Catheterization should not be implemented as the only preventive measure, as this would be insufficient. The patient's general hemodynamics, oxygen supply with

adequate hemoglobin levels and optimization of the patient's other comorbidities should be taken into account. The presentation of an ischemic spinal cord injury dramatically increases mortality in these patients.

**Key words:** TEVAR, spinal catheter, external lumbar drainage, spinal cord protection, spinal cord ischemic injury.

# Índice general

<b>1. Capítulo I : Generalidades .....</b>	<b>1</b>
1.1.Introducción .....	1
1.2. Justificación del tema.....	2
1.3. Pregunta de investigación .....	4
1.4.Objetivo general .....	4
1.5.Objetivos específicos .....	4
1.6.Hipótesis .....	5
1.7.Metodología preliminar .....	5
<b>2. Capítulo II: Enfermedades Aórticas.....</b>	<b>6</b>
2.1.Generalidades de la anatomía aórtica.....	6
2.2.Clasificación de las zonas en el arco aórtico.....	7
2.3.Patología aórtica .....	7
2.3.1. Aneurismas de aorta torácica y descendente .....	7
2.3.2. Factores de riesgo .....	10
2.3.3. Manejo médico perioperatorio.....	10
2.3.4. Síndromes aórticos agudos .....	11
2.3.4.1.Disección aórtica aguda.....	11
2.3.4.2. Hematoma intramural .....	11
2.3.4.3. Úlcera aórtica penetrante.....	11
2.3.5. Clasificación de los síndromes aórticos agudos.....	12
2.3.6.Clínica de síndromes agudos .....	13
2.3.7.Diagnóstico .....	14
2.4. Manejo quirúrgico .....	15
2.4.1.Indicaciones para reparación.....	15
2.4.2. Técnica endovascular.....	16
2.4.3.Cirugía abierta.....	21
<b>3. Capítulo III: Médula espinal.....</b>	<b>22</b>
3.1. Anatomía superficial y profunda. ....	22
3.2. Meninges y espacio espinal.....	22
3.3.Irrigación arterial .....	23
3.4. Fisiología del flujo sanguíneo de la médula espinal.....	26
3.5.Generalidades de líquido cefalorraquídeo.....	27

<b>4. Capítulo IV: Isquemia medular.....</b>	<b>29</b>
4.1.Fisiopatología de lesión isquémica medular .....	29
4.2.Factores de riesgo .....	31
4.3.Presentación clínica de la isquemia medular .....	33
<b>5. Capítulo V: Estrategias de protección medular .....</b>	<b>35</b>
5.1. Estrategias quirúrgicas.....	36
5.2. Estrategias anestésicas.....	38
5.2.1.Técnica anestésica.....	41
5.2.2. Drenaje lumbar externo.....	41
5.2.2.1.Técnica de colocación.....	41
5.2.2.2. Monitorización de la PIE.....	45
5.2.2.3.Contraindicaciones.....	47
5.2.2.4.Complicaciones.....	48
5.2.3. Recomendaciones sobre anticoagulación.....	49
<b>6. Capítulo VI: Recomendaciones y guía de manejo.....</b>	<b>50</b>
<b>7. Análisis .....</b>	<b>52</b>
<b>8. Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>55</b>
<b>9. Bibliografía.....</b>	<b>57</b>
<b>10. Anexos .....</b>	<b>63</b>
10.1.Anexo 1. Ficha técnica - Flujograma	
10.2.Anexo 2. Evaluación de sistemas orgánicos mayores	
10.3.Anexo 3. Imágenes complementarias	

**Índice de Figuras**

Figura 1. Zonas del arco aórtico.....7

Figura 2. Diferencia morfológica entre un aneurisma sacular arriba y un aneurisma fusiforme abajo.....8

Figura 3. Síndromes aórticos agudos.....12

Figura 4. Clasificaciones más utilizadas para los síndromes aórticos agudos DeBakey y Stanford. ....13

Figura 5. Diferentes tipos de prótesis endovasculares disponibles en el mercado.....17

Figura 6. Tipos de endofugas. Tipo I, tipo II, Tipo II y tipo IV en orden de derecha a izquierda. .... 19

Figura 7. Diagrama esquemático de la irrigación arterial medular.....24

Figura 8. Técnica de colocación de catéter espinal.....42

**Índice de Tablas**

Tabla 1. Factores de riesgo de susceptibilidad para isquemia medular luego de reparación de aorta torácica. TEVAR, AAA: Aneurisma de aorta abdominal. (Marturano et al.,2022). (Dias-Neto et al., 2017). ....32

Tabla 2. Estrategias generales de protección medular. (Marturano et al.,2022).....37

Tabla 3. Indicaciones de uso para catéter espinal en TEVAR..... 40

Tabla 4. Escala de valoración de fuerza muscular. (Dias-Neto, M., et al., 2017).....45

Tabla 5. Consideraciones de monitoreo del catéter espinal.....46

## Lista de abreviaturas

CAM: concentración alveolar mínima.

ASI: arteria subclavia izquierda.

EVAR: reparación aórtica endovascular o “endovascular aortic repair”.

ETE: ecocardiograma transesofágico.

LCR: líquido cefalorraquídeo.

MEP: potenciales motores evocados.

NIRS: espectroscopia cercana al infrarrojo “near infrared spectroscopy”

PPM o PPE: presión de perfusión medular o presión de perfusión espinal.

PAM: presión arterial media

PIE: presión intraespinal.

PVC: presión venosa central.

RMN: resonancia magnética nuclear.

SEP: potenciales sensitivos evocados.

TEVAR: reparación endovascular de aorta torácica o “thoracic endovascular aortic repair”

TAC: tomografía axial computarizada.

# I. Capítulo: Generalidades

## 1.1. Introducción

La reparación de aneurisma toracoabdominal es una cirugía de alto riesgo de mortalidad, de morbilidad y la posibilidad de realizar un abordaje endovascular (TEVAR) reduce estos riesgos. La mortalidad de la reparación abierta se encuentra entre un 3% a un 28%, y para la reparación endovascular entre 0% a 16.9%. (Marturano, F. et al.,2022). En el TEVAR el estrés fisiológico general al que se somete el paciente es menor. (Chatterjee et al.,2021).

A pesar de estos beneficios en la mortalidad global, se presenta un riesgo significativo de daño isquémico de la médula espinal que no varía mucho entre abordajes (TEVAR 19% y cirugía abierta 22%). (Marturano et al.,2022) La lesión espinal manifestada como paraplejía y parálisis es una complicación devastadora en el contexto de sustitución de aorta torácica descendente y toracoabdominal.

Las nuevas técnicas quirúrgicas involucran estrategias para reducir el riesgo de isquemia medular. Existen varios meta-análisis y estudios controlados que presentan evidencia para orientar el uso del catéter espinal profiláctico como una medida para disminuir el riesgo de isquemia medular (Preventza et al., 2020).

La clínica de las lesiones espinales va desde paresias de miembros inferiores hasta paraplejía, puede presentarse de manera aguda durante la cirugía o de manera tardía en el postoperatorio durante las primeras 48 horas. La presentación tardía de la lesión espinal se observa en pacientes que emergen de la anestesia sin déficit neurológico para posteriormente desarrollar síntomas. Esta ventana de tiempo se extiende desde horas hasta semanas posteriores.

El mecanismo de la lesión tardía es difícil de entender y se consideran varios factores responsables, entre estos la disminución de la oxigenación espinal por hipotensión o fallo respiratorio, oclusión de arterias segmentarias por trombosis o embolismo, edema espinal o lesión medular por reperfusión (Marturano et al.,2022).

Es más frecuente que exista lesión espinal en intervenciones de aneurismas de la aorta descendente y toracoabdominal. El riesgo de lesión espinal es de 10% cuando el aneurisma involucra la aorta torácica descendente y puede elevarse hasta un 28% cuando se asocia con aneurismas extensos toracoabdominales (Marturano et al.,2022).

El riesgo de lesión medular se incrementa en cirugías de emergencia como la disección aórtica aguda. Las lesiones con presentaciones clínicas más severas se asocian con pronósticos reservados; muchas de las publicaciones e investigaciones que se enfocan en la lesión medular isquémica luego de procedimientos endovasculares y la utilidad del catéter espinal presentan respuestas parciales a las preguntas (Godet et al., 2017).

## 1.2 Justificación del tema

La patología aórtica se asocia con alta mortalidad y morbilidad. Las enfermedades arteriales se desarrollan como lesiones progresivas o situaciones de emergencia. En el caso de los aneurismas verdaderos, el tamaño y la velocidad de evolución son factores considerados para la determinar la severidad del cuadro clínico y su manejo. Las emergencias aórticas o síndromes aórticos agudos contemplan: las disecciones aórticas, rupturas aórticas, úlceras aórticas penetrantes; entre otros (Erbel et al., 2014).

La incidencia de enfermedades arteriales se correlaciona con factores de riesgo cardiovasculares principalmente encontrados en la población adulta como: la hipertensión arterial, la diabetes mellitus, la dislipidemia y el tabaquismo (Erbel et al., 2014). La expectativa de vida del adulto se ha prolongado gracias al uso de nuevos fármacos, la ejecución de procedimientos novedosos y la modificación de factores de riesgo cardiovasculares. Cada vez es más frecuente la presentación en sala de operaciones de adultos mayores con patologías aórticas complejas que son candidatos para procedimientos quirúrgicos. El análisis de diversos factores se debe tomar en cuenta al decidir el manejo quirúrgico (Hernández, 2021).

La reparación aórtica de extensión toraco - abdominal por abordaje endovascular también conocido como EVAR o TEVAR (*Endovascular Aortic Repair ó Thoracic Endovascular Aortic Repair* por sus siglas en inglés) ha revolucionado el manejo quirúrgico de casos que cumplen con criterios técnicos definidos para colocar estas prótesis endovasculares. (Erbel et al., 2014).

Es una alternativa válida que ha demostrado no ser inferior en los resultados a corto y mediano plazo especialmente en pacientes donde la cirugía abierta tradicional no es viable o conlleva un riesgo quirúrgico elevado (Hernández, 2021). La reparación endovascular consiste en la colocación de un *stent* o prótesis que busca excluir de la circulación sistémica el defecto aórtico para prevenir su ruptura o avance, esto se logra utilizando únicamente accesos arteriales periféricos para su abordaje (Hernández, 2021).

En ocasiones, las enfermedades aórticas pueden extenderse desde la aorta descendente hasta los segmentos infra-renales requiriendo prótesis más largas para poder cubrir la extensión necesaria. A pesar de la menor invasión y menor morbilidad con los abordajes endovasculares se mantiene un riesgo quirúrgico importante; la isquemia medular (Aucoin, 2021). La médula espinal es altamente sensible a la isquemia y las repercusiones clínicas podrían llegar a ser devastadoras.

La incidencia de isquemia medular en cirugía abierta puede presentarse en un 20% de los casos y en cirugía endovascular varía entre 2.5% a 19%, asociado a lesiones extensas y/o de origen torácico. Los daños neurológicos persistentes se encuentran entre un 2% a 8% de los casos que desarrollan isquemia medular (Wortmann, 2017), la estrecha relación anatómica entre la aorta y las arterias nutricias espinales que irrigan la médula espinal podría ser la razón de esta complicación. Teóricamente, al colocar la prótesis endovascular existe la oclusión secundaria de estas arterias colaterales (ramas segmentarias intercostales y lumbares) que predispondrían a la disminución de flujo sanguíneo medular. (Wortmann, 2017)

La colocación de un catéter espinal en el espacio subaracnoideo para la monitorización de la presión de perfusión espinal (PPE) y drenaje de líquido cefalorraquídeo (LCR) ha demostrado ser una medida adecuada para proteger la médula espinal ante la isquemia (Arrate, 2020).

La PPE está determinada por la diferencia entre la presión arterial media (PAM) y la presión intraespinal (PIE) (Tejada et al., 2019). Al monitorizar la PPE se obtiene un valor objetivo para orientar las acciones correctivas ante la hipoperfusión, tales como la elevación de la presión arterial media (PAM), la mejora del aporte de oxígeno y el drenaje profiláctico de LCR para disminuir la PIE. La elevación de la PIE podría colapsar la circulación venosa, por lo que drenar sistemáticamente LCR mejora la relación entre ambas. De esto deriva la importancia del manejo perioperatorio de los catéteres espinales y su colocación de manera profiláctica y terapéutica en TEVAR, además de la vigilancia en el transoperatorio y su mantenimiento de 48-72 horas postoperatorias con el afán de disminuir el riesgo de un evento isquémico medular.

La revisión de la literatura actual con respecto al uso del catéter espinal es importante ya que permite definir y establecer protocolos anestésicos claros para manejar a estos pacientes. Igualmente, es importante la identificación temprana de pacientes portadores de factores de riesgos para presentar esta complicación, así como la estandarización de criterios de factores de riesgo y pacientes que requieran sin lugar a dudas la monitorización de PPE. Reconocer cuáles pacientes se verían en mayor riesgo de

presentar complicaciones neurológicas permite la actuación expedita para solventar las mismas.

### **1.3 Pregunta de investigación**

¿En cuáles escenarios clínicos está indicado el uso de catéter espinal para la monitorización de la presión de perfusión espinal como medida de protección medular en la reparación endovascular de aorta toracoabdominal, además cuál es el manejo apropiado del mismo en el perioperatorio?

### **1.4. Objetivo general**

Describir el manejo perioperatorio del catéter espinal para protección medular en casos de reparación endovascular de aorta torácica descendente (procedimiento de TEVAR) y definir los factores de riesgo asociados a lesión isquémica medular y medidas generales de protección espinal.

### **1.5 Hipótesis**

El uso del catéter espinal para la monitorización de la presión perfusión espinal es una medida de protección medular en la reparación endovascular de aorta toracoabdominal que debe instaurarse de manera rutinaria.

### **1.6. Objetivos específicos**

1. Examinar la patología aórtica candidata a manejo por TEVAR.
2. Revisar generalidades de la anatomía quirúrgica relevante con respecto a la médula espinal y su complejo sistema de irrigación.
3. Definir cuáles son los factores de riesgo que presentan los pacientes sometidos a TEVAR que se relacionan con mayor riesgo de isquemia medular o lesión espinal.
4. Investigar sobre las medidas anestésicas generales disponibles de protección espinal.
5. Establecer las metas hemodinámicas para lograr una adecuada presión de perfusión medular.
6. Revisar la técnica de colocación del catéter espinal junto con el equipo de monitorización adecuado y el manejo recomendado en el período perioperatorio.
7. Proponer un margen de seguridad para la suspensión del catéter espinal.

8. Repasar las guías de anticoagulación para el abordaje neuroaxial en los pacientes sometidos a TEVAR.

## 1.7 Metodología preliminar

Se realiza búsqueda de artículos en *PubMed* bajo las palabras MeSH: “*endovascular repair*” OR “*spinal ischemia*” OR “TEVAR “. Además de la revisión bibliográfica a partir de en Google Scholar de artículos con un máximo de 10 años de publicación en revistas científicas relacionadas al tema central. Se utiliza también el buscador DOAJ (*Directory of Open Access Journals*) con los términos en inglés: “spinal, ischemia, aortic” con resultados en el área de medicina publicados durante el último año. No se consideraron elegibles publicaciones de un periodo mayor a diez años ni publicaciones en idiomas diferentes al inglés o al español.

## II. Capítulo: Enfermedades Aórticas

### 2.1 Generalidades de la anatomía aórtica

La aorta torácica recibe su nombre por ubicarse dentro del tórax, pasa a llamarse aorta abdominal al cruzar por el diafragma. La aorta ascendente es la porción inicial de la aorta, que se extiende desde la válvula aórtica hasta el arco aórtico (Moore & Dalley, 2018). Los senos de la aorta, también conocidos como senos de Valsalva, son nombrados de acuerdo a su posición como seno anterior, posterior izquierdo y posterior derecho. En la parte superior del seno de Valsalva izquierdo se origina la arteria coronaria izquierda, que irriga el miocardio y de igual manera sobre el seno derecho nace la arteria coronaria derecha.

Continúa con la porción de la aorta ascendente que se convierte rápidamente en el arco aórtico, el cual es la porción curva de la aorta que se extiende desde la aorta ascendente hasta la aorta descendente (Moore & Dalley, 2018). El diámetro normal de la aorta ascendente es de 3.5 cm a 4 cm, gradualmente va disminuyendo en durante su recorrido de 3.5 cm en la aorta descendente y cerca de 2.5 cm en la aorta abdominal y suele ser un 10% más pequeña en mujeres. (Moore & Dalley, 2018).

El arco aórtico se divide en tres ramas principales: el tronco braquiocefálico, la carótida común izquierda y la arteria subclavia izquierda. El tronco braquiocefálico es la rama más grande del arco aórtico y se divide en la arteria carótida común derecha y la arteria subclavia derecha. La carótida común izquierda es una rama del arco aórtico que se dirige hacia la izquierda y se divide en la arteria carótida interna y la arteria carótida externa. La arteria carótida interna irriga el cerebro con sus diferentes ramas, mientras que la arteria carótida externa irriga la cara, el cuello y el cráneo (Drake et al., 2020).

La arteria subclavia izquierda es una rama del arco aórtico que se dirige de igual manera hacia el hemicuerpo izquierdo y se divide en la arteria subclavia izquierda y la arteria vertebral izquierda, irriga los brazos, el cuello y la cabeza y pueden existir variaciones anatómicas del arco aórtico. Una de las más frecuentes es el arco bovino donde hay un origen común del tronco braquiocefalico y de la arteria carótida izquierda. (Drake et al., 2020) (Moore, & Dalley, 2018).

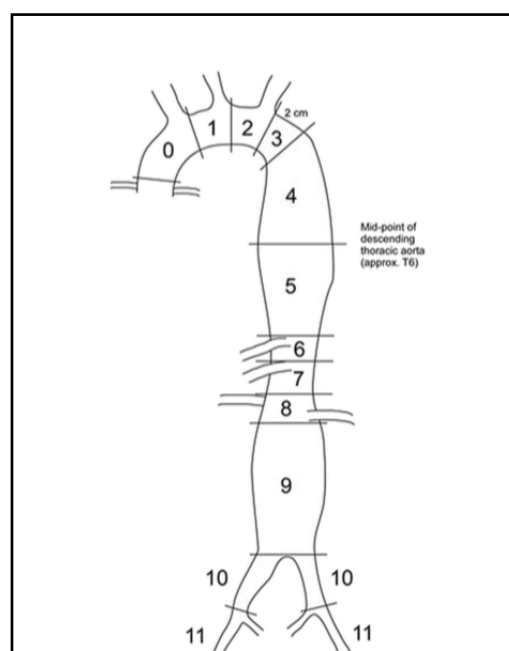
Distal a la salida de la arteria subclavia izquierda se continúa la aorta descendente, es la porción de la aorta que se extiende desde el arco aórtico hasta la porción abdominal del mismo (Moore & Dalley 2018).

La aorta torácica descendente irriga los órganos torácicos y tiene como ramas las arterias intercostales posteriores, las arterias espinales y las arterias frénicas. Junto las arterias vertebrales, las arterias ilíacas internas y la arteria subclavia izquierda se forma un complejo sistema colateral para garantizar la perfusión de la médula (Drake et al., 2020).

La aorta abdominal irriga los órganos abdominales y da como ramas la arteria mesentérica superior, las arterias renales, las arterias ilíacas comunes, la arteria ilíaca externa y la arteria ilíaca interna. Su diámetro promedio es de 2 cm a 3 cm y suele ser un 10% más pequeña en mujeres (Drake et al., 2020).

## 2.2. Clasificación de las zonas en el arco aórtico y aorta torácica

La aorta se puede dividir en 11 zonas. Las primeras seis zonas se utilizan para la descripción de los segmentos torácicos y para establecer la relación con los vasos que surgen que podrían ser cubiertos por la prótesis. (Ver Fig. 1). La zona 2 incluye la arteria subclavia izquierda y la zona 3 es la aorta descendente torácica proximal, la zona 4 es una porción recta y la zona 5 es la última porción de la aorta torácica. (AbuRahma, et al.,2022).



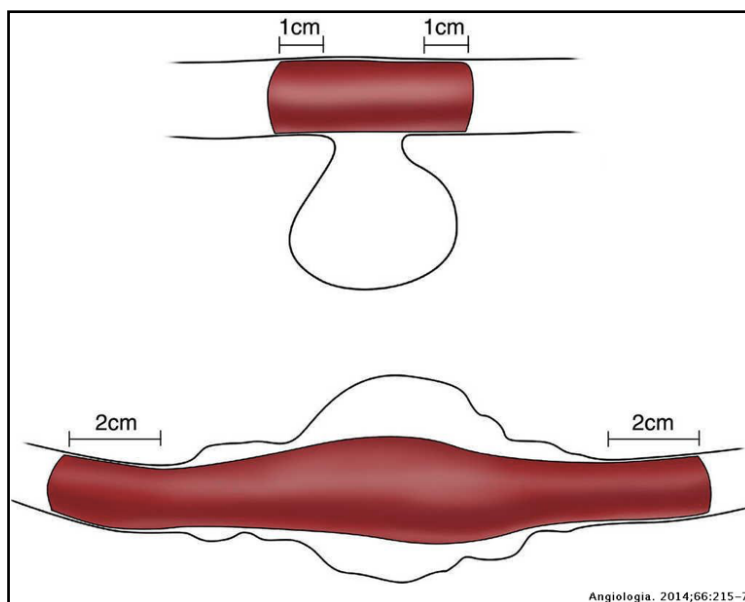
**Figura 1.** Zonas del arco aórtico

## 2.3 Patología aórtica

### 2.3.1. Aneurismas de aorta torácica y descendente

Los aneurismas de aorta torácica o descendente tienen una incidencia de 6 a 10 casos por cada 100 000 habitantes principalmente en la población añosa. (Lozano-Sánchez, et al., 2022). Esta cifra varía según la región y la población estudiada y en general, son menos frecuentes que los aneurismas de aorta abdominal. Se presentan en una edad media de diagnóstico de 65 años (AbuRahma, et al.,2022). Los aneurismas de aorta torácica representan aproximadamente el 25% de todos los aneurismas de aorta y

los aneurismas de aorta toracoabdominal representan menos del 5%. Presentan un radio de distribución de masculino a femenino de 1.7: 1.0. (AbuRahma, et al.,2022). La detección de casos ha aumentado por la mejoría en las imágenes diagnósticas y por el incremento en el tamizaje dada a su prevalencia asociada al envejecimiento de la población.



**Figura 2.** Diferencia morfológica entre un aneurisma sacular arriba y un aneurisma fusiforme abajo.

Los aneurismas son dilataciones anormales del diámetro transversal del vaso arterial debido a una degeneración o una debilidad de la pared vascular, según la morfología que presentan se pueden clasificar en aneurismas saculares o fusiformes. Esto se determina por el grado de distorsión que presenta el contorno del aneurisma, cuando el diámetro permanece esencialmente conservado y luego existe una zona con un ensanchamiento más marcado se clasifican en saculares.

Esta presentación se puede encontrar con más frecuencia en la aorta torácica; particularmente en la zona del arco aórtico distal en relación con la zona del ductus. Al contrario; cuando la morfología se ve distorsionada en mayores proporciones se clasificaría como un aneurisma fusiforme (Criado, 2014). Los aneurismas de morfología fusiforme se presentan en el 80% de los casos y los de morfología sacular en el 20% (Lozano-Sánchez, et al., 2022).

El criterio de diagnóstico para un aneurisma incluye un diámetro mayor a 5 cm para la aorta ascendente y mayor a 4 cm para la aorta abdominal, también cuando existe un aumento de 1.5 veces en el diámetro normal de la pared aórtica (Standring, 2016).

Los síntomas asociados a los aneurismas son inespecíficos y pueden estar ausentes, los cuales pueden ser asintomáticos en las primeras etapas, por lo que su diagnóstico precoz es difícil; en ocasiones su hallazgo se da de manera incidental al realizar imágenes médicas por otro motivo. El comienzo de disfonía y disfagia podría ser sugestivo del desarrollo de un aneurisma que comprime estructuras en el arco aórtico distal y la aorta descendente proximal (Grabenwöger et al., 2012).

Otros síntomas como dolor de pecho, dificultad para respirar y tos pueden estar presentes a medida que crecen y ejercen presión sobre los órganos circundantes. Un aneurisma de aorta abdominal puede comprimir las raíces del nervio espinal y causar síntomas como rigidez o parestesias en las extremidades inferiores (Standring, 2016). Al romperse puede generarse un dolor intenso y repentino a nivel de tórax que podría extenderse a abdomen asociado a sudación, palidez, náuseas y síncope.

El diagnóstico se realiza mediante pruebas de imagen como la tomografía computarizada (TAC) o la resonancia magnética nuclear (RMN) y el tratamiento puede incluir cirugía o técnicas endovasculares que se desarrollaran más adelante; por otro lado, los pacientes sintomáticos graves probablemente hayan desarrollado complicaciones (Chatterjee et al., 2021). El pronóstico de los aneurismas de aorta descendente y toracoabdominal depende de varios factores como el tamaño y la localización del aneurisma, la presencia de complicaciones como la disección aórtica o la ruptura, la edad y el estado de salud general del paciente. (Chatterjee et al., 2021) La evolución natural tiende hacia el crecimiento del aneurisma: entre más grandes, más riesgo de ruptura y sangrado.

Los aneurismas pequeños pueden ser manejados con seguimiento cuidadoso, mientras que los grandes o sintomáticos pueden requerir tratamiento quirúrgico de emergencia. La mortalidad perioperatoria de la cirugía de reparación de aneurismas de aorta toracoabdominal ha disminuido en los últimos años, pero sigue siendo alta (Chatterjee et al., 2021).

Los aneurismas que afectan la aorta ascendente y el arco aórtico son patologías del área de cirugía cardiovascular torácica, por lo que no se incluirán en esta revisión.

### 2.3.2 Factores de riesgo

Los factores de riesgo son similares para la enfermedad torácica, abdominal, ya que la mayoría de los aneurismas se desarrollan por causas degenerativas y asociadas a aterosclerosis en el 80% de los casos. (Lozano-Sánchez, et al., 2022). Además, los factores de riesgo cardiovasculares como: la hipertensión arterial, particularmente cuando las presiones diastólicas son mayores a 100 mmHg, la edad avanzada, el tabaquismo y la presencia de aterosclerosis en otros lechos vasculares. (AbuRahma et al.,2022) predisponen al debilitamiento de la pared vascular. Aunque menos frecuente, los aneurismas pueden ser causados por lesiones traumáticas, enfermedades inflamatorias o infecciosas, o trastornos genéticos. (Chatterjee et al.,2021).

### 2.3.3 Manejo médico perioperatorio

El objetivo principal del tratamiento de los aneurismas aórticos es prevenir su ruptura; por vía endovascular, el objetivo es excluir de la circulación sistémica el aneurisma con una endoprótesis y por vía quirúrgica, resecarlo y reemplazar la aorta por un injerto. Se debe controlar la hipertensión arterial como prioridad ya que esto limita el estrés de la pared aórtica y es especialmente importante en pacientes con aneurismas o con síndromes aórticos agudos. Por lo tanto, es importante controlar la presión arterial perioperatoriamente con medicamentos antihipertensivos, ya que la meta de la terapia antihipertensiva es disminuir la PAS en 20 mmHg de su basal y la frecuencia cardíaca <60 lpm cuando sea posible. (Chatterjee et al.,2021).

Además, se debe tratar otros factores de riesgo como la dislipidemia con el uso de estatinas y se debe promover la eliminación del uso de tabaco. (AbuRahma et al., 2022). Los pacientes diabéticos tienen un mayor riesgo de complicaciones perioperatorias, por lo que se deben controlar los niveles de glucemia perioperatoriamente con insulina o hipoglucemiantes orales. (Chatterjee, et al.,2021).

Los pacientes que se someten a cirugía de aneurisma de aorta descendente y toracoabdominal tienen un alto riesgo de desarrollar trombosis venosa profunda (TVP). Se deben implementar medidas de prevención de TVP, como la administración de heparina o agentes antiplaquetarios, la compresión neumática intermitente y la movilización temprana después de la cirugía (Chatterjee et al.,2021).

## 2.3.4 Síndromes aórticos agudos

Los síndromes aórticos agudos son un conjunto de eventos que incluyen la disección aórtica aguda, la úlcera penetrante y el hematoma intramural, tienen en común la disrupción de la capa interna de la aorta; la capa íntima. Estos eventos aumentan la tensión de la pared arterial hasta llegar a deformar el tejido, degradándose en un aneurisma o causando la disección de las capas (Bustamante-Munguira & Juez, 2016).

### 2.3.4.1 Disección aórtica aguda

La disección aórtica aguda es una emergencia que pone en riesgo la vida, representa una condición que se genera por la ruptura de las capas internas de la aorta. El flujo sanguíneo comienza a separar estas capas generando un lumen falso que puede llegar a romperse y dividir las capas en su totalidad (Bustamante-Munguira & Juez, 2016).

Dependiendo de la zona donde se presente esta lesión se puede comprometer el flujo de las ramas provenientes directamente de la aorta; inclusive cuando la disección se origina con cercanía a la válvula aórtica puede comprometerla generando daño y dilatación a la misma. Cuando se habla de una disección aórtica aguda complicada se refiere a dolor persistente o recurrente, hipertensión descontrolada, expansión aórtica, mala perfusión o signos de ruptura (Grabenwöger et al., 2012).

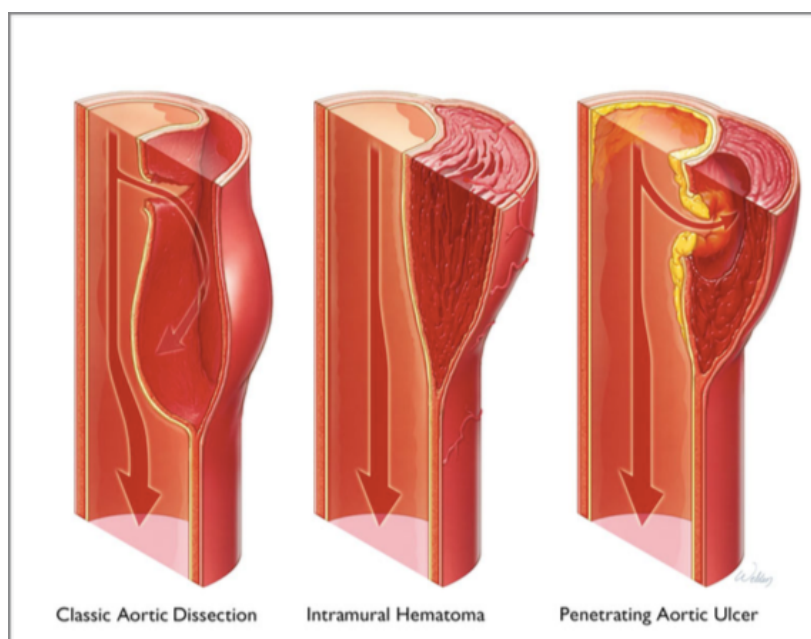
### 2.3.4.2 Hematoma intramural

Este evento aórtico se presenta como un precursor de la disección, se considera también como una disección aórtica sin desgarramiento intimal (Bustamante-Munguira & Juez, 2016). Se origina a nivel de la capa media aórtica donde se encuentra la *vasa vasorum*, para lo cual se han propuesto 2 mecanismos: una ruptura espontánea o asociada a una placa ateromatosa y genera un hematoma en la pared arterial; suele asociarse a hipertensión arterial y se presenta con más frecuencia a nivel de la aorta descendente. Usualmente su diagnóstico es difícil y sus síntomas pueden asemejar una disección como tal, para ello se utilizan estudios de imagen para poder corroborar el diagnóstico.

### 2.3.4.3 Úlcera aórtica penetrante

Se considera uno de los eventos aórticos menos frecuentes con una incidencia de 5% a 10% (Bustamante-Munguira & Juez, 2016). Guarda relación con la hipertensión arterial, se presenta en pacientes mayores de 65 años y portadores de enfermedad arterial aterósclerótica difusa, se da por la ulceración de placas aórticas ateromatosas que generan un hematoma intramural en la capa media que puede progresar a una disección

aórtica. Se logra identificar a partir de estudios no invasivos una imagen sugestiva de úlcera en relación con un hematoma, en su evolución natural puede llegar a desarrollarse un aneurisma sacular o fusiforme y la degeneración a un pseudoaneurisma se puede dar hasta en el 25% de los casos (Bustamante-Munguira & Juez, 2016).



**Figura 3.** Síndromes aórticos agudos

### 2.3.5 Clasificación de los síndromes aórticos agudos

Las clasificaciones anatómicas de los síndromes agudos son importantes ya que partir de ellas se define el tratamiento y el abordaje quirúrgico, son dos principales: Stanford y DeBakey como se observa en la siguiente figura; la clasificación de Stanford se divide en tipo A y tipo B según la zona de la aorta que esté afectada. En la Stanford A la aorta ascendente se ve comprometida y en la Stanford B únicamente la aorta descendente está afectada. La mortalidad en las tipo A aumenta de un 1% a 2% por hora desde el inicio de síntomas por lo que su rápida identificación es primordial (Bustamante-Munguira & Juez, 2016).

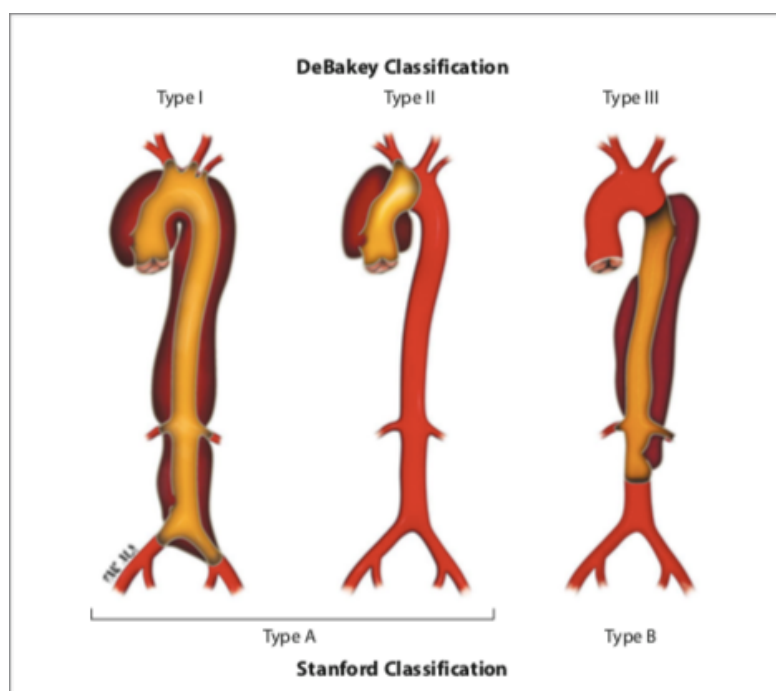
La otra clasificación se denomina DeBakey la cual divide la disección en 3 categorías: tipo I incluye toda la extensión de la aorta, desde la aorta ascendente hasta distal a la arteria subclavia izquierda. La tipo II solamente incluye la aorta ascendente; por último se encuentra la tipo III excluye la aorta ascendente y el arco, por lo que se origina a la aorta descendente y usualmente se extiende distalmente. Se puede subdividir en tipo IIIa que

se limita a la aorta descendente torácica o tipo IIIb que se va hasta aorta abdominal (Bustamante-Munguira & Juez, 2016).

### 2.3.6 Clínica de síndromes aórticos agudos

Clínicamente existen muchas similitudes entre estas entidades donde el síntoma más predominante es el dolor torácico agudo intenso. Se describe como un dolor desgarrador, que puede tener extensión hacia la espalda o retroesternal dependiendo del sitio donde se origina. Este dolor puede ser migratorio en el 50% de los casos y variar de intensidad; existen otras manifestaciones neurológicas que pueden ser menos frecuentes como el síncope asociado a la disminución del flujo cerebral (Chatterjee et al.,2021).

Las lesiones Stanford A, en aorta ascendente pueden asociarse más a deterioro circulatorio con shock e hipotensión, y a precipitar un cuadro de insuficiencia cardíaca aguda. La insuficiencia valvular aórtica es la complicación más frecuente en estas lesiones; ocurre en el 40% al 75% de los casos (Bustamante-Munguira & Juez, 2016). Se explica por la dilatación aguda de la aorta cercana a su raíz, además este mismo daño desinserta los velos valvulares, pueden existir fenómenos isquémicos por compromiso al flujo de las arterias coronarias (Bustamante-Munguira & Juez, 2016).



**Figura 4.** Clasificaciones más utilizadas para los síndromes aórticos agudos DeBakey y Standford

A nivel distal de la lesión ocurre hipoperfusión de los órganos por dos mecanismos principales. Hay obstrucción por el *flap* que se genera por la capa de la íntima que se diseca ocluyendo la luz y por ende el flujo y también por el hematoma que se forma en la pared aórtica. En conjunto, hay disminución del flujo sanguíneo distal, predisponiendo a isquemia de órganos sensibles como el intestino, el riñón y las extremidades periféricas (Chatterjee, et al.,2021).

En la disección Stanford B, la isquemia mesentérica es la complicación más frecuente y causa de muerte (Bustamante-Munguira & Juez, 2016). Se deben anticipar todas estas manifestaciones clínicas tempranamente, ya que los marcadores bioquímicos y resultados de laboratorios pueden no estar alterados.

### 2.3.7. Diagnóstico

Las guías prácticas de la Sociedad de Cirugía Vasculat recomiendan ante la urgencia de los síndromes torácicos agudos la realización de una angiografía por tomografía computarizada de acuerdo a su disponibilidad y rapidez (AbuRahma, et al., 2022). Se recomiendan cortes finos de toda la aorta hasta las arterias iliacas y femorales para definir las características y la extensión de la lesión, además de visualizar los troncos supraaórticos para valorar la anatomía de las arterias vertebrales.

Estudios recomendados de diagnóstico:

**Ecocardiograma transesofágico: (ETE)** usualmente se encuentra disponible, es de bajo coste y aporta gran cantidad de información como: la localización del desgarro intimal, la presencia de un hematoma intramural permite la evaluación de las válvulas aórticas y troncos supraaórticos y la valoración de otras complicaciones asociadas al sangrado. El *doppler* color se utilizar para la detección de insuficiencia aórtica. La sensibilidad ronda del 97% al 99% y la especificidad del 77% al 85%. (AbuRahma et al., 2022)

**Tomografía axial computarizada: (TAC)** es una de las técnicas más empleadas ya que las imágenes pueden ser reconstruidas esta presenta como limitación que no permite valorar la hemodinamia general y el comportamiento de la válvula aórtica (AbuRahma et al., 2022).

**Resonancia magnética nuclear (RMN):** de igual manera, es una técnica no invasiva que no requiere de radiación, es útil para el seguimiento de pacientes, permite medir volúmenes ventriculares y valorar con mayor detalle la válvula aórtica. Tiene una disponibilidad de acceso más limitada y necesita que haya estabilidad hemodinámica para poder trasladar al paciente (AbuRahma et al., 2022).

## **2.4. Manejo quirúrgico**

La cirugía abierta para la reparación de un aneurisma de aorta torácica conlleva un riesgo significativo de morbilidad y mortalidad. En centros de excelencia se ha llegado a reportar una mortalidad cercana al 26% con el abordaje abierto en casos de emergencia y en Estados Unidos la mortalidad global ha llegado a ser cercana al 22% en casos electivos con abordaje abierto (AbuRahma et al., 2022). Esto demuestra el impacto que el cirujano y el centro experimentado generan en los resultados de los pacientes.

La evidencia demuestra consistentemente que la realización de TEVAR para lesiones torácicas es una alternativa segura a la cirugía abierta y tiene el beneficio de presentar menor morbilidad y mortalidad además con una hospitalización más corta; sin embargo, no hay estudios randomizados, controlados prospectivos comparando ambos abordajes, pero en centros especializados se podrían llegar a equiparar ambas técnicas. En los pacientes candidatos para cualquiera de las técnicas se recomienda el TEVAR como abordaje preferido para el manejo de aneurismas electivos por su morbilidad y mortalidad a corto plazo reducidos. (AbuRahma et al., 2022).

### **2.4.1 Indicaciones para reparación**

La selección de los pacientes debe basarse en una evaluación individual de la patología presente, anatomía aórtica y comorbilidades por un grupo multidisciplinario para tener los criterios más apropiados. Los aneurismas de aorta torácica que miden 6.0 cm tienen una supervivencia del 54% a los 5 años, el riesgo de ruptura aumenta en 3.7% por año y el riesgo de morir un 12% por año, los cuales crecen un promedio de 0.10 cm por año. (AbuRahma et al., 2022). Al elegir el procedimiento para el paciente, se debe considerar su riesgo de complicaciones y patologías asociadas, como parte de eso, se podrían llegar a tolerar diámetros mayores en pacientes de muy alto riesgo.

La recomendación de realizar un TEVAR para aneurisma de aorta torácica es para pacientes asintomáticos de bajo riesgo médico con aneurismas mayores de 5.5 cm en la aorta descendente que presentan anatomía favorable o que presenten una expansión marcada de más de 5 mm en 6 meses (AbuRahma et al., 2022).

A pacientes de alto riesgo quirúrgico, portadores de múltiples comorbilidades o alto riesgo de complicaciones como insuficiencia renal o paraplejía se sugiere tolerar diámetros aórticos mayores. Al contrario, cuando existen características morfológicas que se

consideran propensas a ruptura el procedimiento se puede justificar con diámetros menores a 5.5 mm. (AbuRahma et al., 2022) (Grabenwöger et al., 2012).

En casos de síndromes aórticos agudos como el hematoma intramural, la úlcera aórtica penetrante y la disección aórtica las guías recomiendan de manera general lo siguiente. El hematoma intramural es una patología dinámica que podría ser un evento precursor de una disección aórtica por lo que se debe vigilar de cerca y mantener un control estricto de la presión arterial. (AbuRahma et al., 2022) (Grabenwöger et al., 2012).

Cuando los pacientes tienen síntomas persistentes o alguna complicación, como por ejemplo un derrame pericardio, se recomienda la realización de TEVAR de manera más expedita. En las úlceras aórticas penetrantes la profundidad de >10 mm y el diámetro mayor a 20 mm son factores de riesgo para crecimiento y ruptura, tal es una recomendación con evidencia baja la realización de un TEVAR en estos pacientes. (AbuRahma et al., 2022) (Grabenwöger et al., 2012).

#### **2.4.2. Técnica endovascular TEVAR**

TEVAR significa en inglés “*Thoracic Endovascular Aortic Repair*”, es un abordaje endovascular para colocar prótesis especializadas para resolver aneurismas fusiformes y saculares en aorta torácica descendente, también en disecciones aórticas crónicas y agudas y en trauma torácico contuso (Chatterjee et al.,2021).

El procedimiento de TEVAR es una opción no tan invasiva para el manejo de la patología en aorta descendente torácica en comparación con la cirugía de reparación abierta. El paciente es sometido a un estrés fisiológico menor que en los procedimientos abiertos ya que no se realiza un *clamp* aórtico, por ejemplo. Además, la incisión quirúrgica es sustancialmente más pequeña y los sangrados arteriales pueden ser más sencillos de controlar. (Chatterjee et al.,2021).

Se recomienda este abordaje para el tratamiento electivo de aneurismas de la aorta torácica descendente por su menor morbilidad, menor estadía postoperatoria y disminución de la mortalidad a corto plazo (AbuRahma et al., 2022). Dentro de los puntos más importantes para poder seleccionar este abordaje son las características anatómicas individuales de cada paciente; se utiliza la angiogramografía para planificar el abordaje y las especificaciones de la prótesis (Miranda et al., 2018).

Los accesos vasculares deben ser evaluados en tamaño, medir al menos 8 mm de diámetro e identificar la presencia o ausencia de calcificaciones; de igual manera, se debe valorar la tortuosidad de los vasos y los ángulos como se originan las ramas que salen de la aorta. (Grabenwöger et al., 2012). Además, si los accesos vasculares están calcificados esto puede dificultar la liberación y ascenso de la endoprótesis.

Los accesos alternativos pueden variar entre las arterias axilares, las arterias ilíacas, la aorta infrarenal o la aorta ascendente, en ocasiones es necesario hacer una disección del tejido blando que rodea el vaso para facilitar su acceso y manipulación; también se debe de incluir rutinariamente el examen físico, exámenes de laboratorio y estudios complementarios necesarios. Se recomienda una planificación previa al procedimiento en conjunto con el equipo quirúrgico para determinar los sitios de disección de ser necesario, el tiempo que ha transcurrido desde el evento inicial y las potenciales complicaciones caso a caso (AbuRahma et al., 2022).

La planificación es uno de los pasos más importantes para la realización del TEVAR, se necesitan “zonas de aterrizaje” de por lo menos 2 cm proximales y distales para el despliegue y fijación segura de la prótesis. Estas prótesis deben ser entre un 10% a 15% más anchas de diámetro que la aorta, al utilizar más de una, estas deben traslaparse entre sí (Grabenwöger et al., 2012).

Para poder desplegar las prótesis endovasculares se necesitan segmentos aórticos que sean aptos para estas, la oferta de prótesis que presenta el mercado es amplia y se han ido confeccionando diversos modelos para adaptarse a los retos anatómicos que presentan los pacientes. Existen las prótesis fenestradas, ramificadas o personalizadas que permiten ir ajustando los diseños para la resolución de casos más complejos



**Figura 5.** Diferentes tipos de prótesis endovasculares disponibles en el mercado

(Chatterjee et al., 2021), lo cual requiere un grado de experiencia mayor ya que técnicamente son más elaboradas y podrían ser más difíciles de colocar.

Tomando en cuenta el riesgo o beneficio para el paciente, con cierta frecuencia es necesario ocluir el origen de la arteria subclavia izquierda a nivel del arco aórtico. Esto se debe tomar en consideración por las posibles complicaciones asociadas tanto con el miembro superior izquierdo como por la perfusión cerebral y espinal. En ocasiones se propone la revascularización de la misma según los factores de riesgo que presenten los pacientes y los sitios anatómicos que podrían presentar hipoperfusión (Grabenwöger et al., 2012).

Una de las más severas complicaciones que presenta el TEVAR es la isquemia medular, tanto temprana como tardía. La arteria subclavia, las arterias lumbares y las arterias ilíacas son afluentes importantes de circulación colateral espinal las cuales podrían llegar a ocluirse por la prótesis y comprometer el flujo. Otras complicaciones asociadas a la oclusión de la misma podrían ser: los accidentes cerebrovasculares por la embolización de placas ateromatosas principalmente, isquemia de miembro superior izquierdo, isquemia medular e insuficiencia del sistema vertebrobasilar. (AbuRahma et al., 2022)

En casos de disección aguda, la clave para el abordaje endovascular y el despliegue de la prótesis es la oclusión de la entrada de la ruptura intimal y lograr la canulación de la luz verdadera. (Grabenwöger, et al., 2012). El *stent* en estos casos no debe ser de mayor diámetro que la aorta nativa y se podría necesitar el ecocardiograma transesofágico como herramienta de orientación.

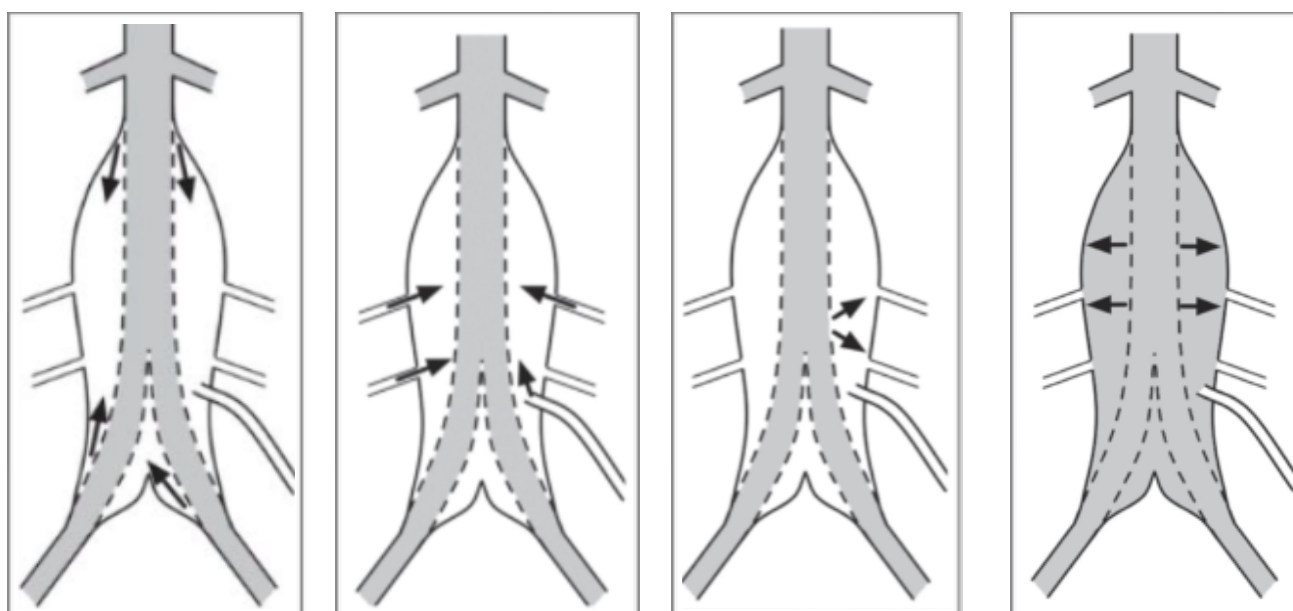
Dentro de las consideraciones anestésicas necesarias para el transoperatorio de un TEVAR, se podría necesitar PAS menores a 80 mmHg en el momento de liberación del *stent* para no desplazar el dispositivo. Si se llegaran a requerir presiones más bajas se podría usar el marcapasos para subir transitoriamente la frecuencia cardíaca, conocido como marcapaseo rápido o "*rapid pacing*" en inglés. (Grabenwöger et al., 2012).

La durabilidad de los procedimientos endovasculares es una preocupación y la necesidad de reintervenciones es más frecuente que con la cirugía abierta convencional. Algunas de las complicaciones como oclusiones o estenosis de ramas, las endofugas o las migraciones se podrían resolver endovascularmente. (Jiménez et al., 2013).

Las endofugas se generan por la persistencia de flujo sanguíneo dentro del vaso o luz falsa luego del tratamiento endovascular. Son escapes de sangre que quedan por fuera de la endoprótesis que continúan presurizando el saco aneurismático donde persiste el riesgo de ruptura y no hay una exclusión completa del aneurisma de la circulación, mientras que la incidencia de las endofugas varía entre un 10% al 50%. Existen cinco tipos de endofugas que se muestran en la siguiente imagen que, según el tipo, podría persistir el riesgo de ruptura.

En las endofugas tipo I no hay un adecuado acoplamiento de la prótesis a las paredes a la zona proximal de la aorta y/o distal en las arterias ilíacas, estas representan el 12% de las fugas, se identifican rápidamente luego del despliegue de la prótesis se deben corregir (Vargas-Pérez, et al., 2013). Queda una comunicación directa con la circulación sistémica por lo que no queda un sello adecuado.

Las endofugas tipo II constituyen el subgrupo más frecuente (8-45%), debidas al relleno retrógrado del saco aneurismático desde una arteria colateral como la arteria meséptica



**Figura 6.** Tipos de endofugas. Tipo I, tipo II, Tipo II y tipo IV en orden de derecha a izquierda.

inferior o arterias lumbares, lo que mantiene la presurización dentro del saco, por lo que su manejo y origen es controversial. Se puede dar seguimiento para esperar su resolución o realizar una embolización de la arteria que le da flujo. (Vargas-Pérez et al., 2013)

Las endofugas tipo III se asocian al desacoplamiento de los componentes de la prótesis (IIIa) y a defectos y/o fracturas del material (IIIb). También, se pueden dar por falta de sello entre las prótesis. Las tipo IV se deben a porosidad del dispositivo se asocian a pacientes anticoagulados, ya que normalizar la coagulación tienden a resolver. Las tipo V

se generan por endotensión que se define como expansión del saco sin fuga pero que podría a largo plazo llegar a romper el saco. (Vargas-Pérez et al., 2013).

Existe la posibilidad de necesitar una intervención abierta posterior a un procedimiento endovascular. Esto puede representar un procedimiento de alta complejidad y dificultad para el cirujano ya que son zonas hostiles que han iniciado una fase de inflamación por la prótesis previa. Además, está la presencia de un aneurisma que no disminuyó su tamaño y prótesis sujetadas por fijaciones suprarrenales.

El riesgo de lesiones vasculares es alto, no solo de la aorta, sino que, de las estructuras vecinas también, como la vena cava y venas renales. La tasa de conversión de un procedimiento endovascular se clasifica en temprano si ocurre en los primeros 30 días después de la cirugía, o tardío luego de los 30 días (Jiménez et al., 2013).

Las reintervenciones quirúrgicas suelen deberse a complicaciones como el desplazamiento de la prótesis y la oclusión secundaria de las arterias renales principalmente. Se recomienda dejar piezas de la endoprótesis que estén funcionando y sin fugas, para disminuir el riesgo de sangrado y disección quirúrgica (Jiménez et al., 2013).

La adecuada selección de pacientes para los procedimientos EVAR es de suma importancia para evitar luego una reintervención y disminuir las complicaciones. Además, la reintervención en estos pacientes conlleva un aumento marcado en la mortalidad (Jiménez et al., 2013).

Para el TEVAR se requiere de la heparinización completa para la manipulación segura y el despliegue de la prótesis con 80 -100 UI/kg de heparina no fraccionada hasta lograr un tiempo de coagulación activada (TCA) mayor de 220. (Vargas-Pérez et al., 2013)

### **2.4.3 Cirugía abierta**

Existen varios criterios que se consideran contraindicaciones para el manejo endovascular de aneurismas torácicos, algunos de estos criterios incluyen la anatomía inadecuada de la aorta, el tamaño y la localización del aneurisma y la presencia de patologías concomitantes que aumentan el riesgo de complicaciones perioperatorias. En estos casos, se puede considerar la cirugía abierta como la mejor opción terapéutica. (Erbel et al. 2014)

El manejo quirúrgico abierto de los aneurismas torácicos consiste en la reparación del aneurisma mediante una incisión en el tórax, que permite el acceso directo a la aorta. El abordaje quirúrgico puede ser anterolateral, posterolateral o combinado, dependiendo de la localización y extensión del aneurisma. Durante la cirugía, se realiza una resección del segmento aneurismático de la aorta y se reconstruye la arteria mediante un injerto de material sintético. En algunos casos, puede ser necesario realizar una revascularización de las arterias viscerales y de las extremidades inferiores (Erbel et al., 2014).

El manejo quirúrgico abierto de los aneurismas torácicos presenta algunas complicaciones potenciales, como la insuficiencia respiratoria, la hemorragia, la disección aórtica, la parálisis de las extremidades inferiores y la insuficiencia renal. La cirugía puede prolongar el tiempo de recuperación y aumentar el riesgo de infecciones y otras complicaciones postoperatorias como dolor (Erbel et al. 2014).

Las consideraciones anestésicas para la cirugía de aneurismas torácicos incluyen el control de la presión arterial, el mantenimiento de la perfusión renal y la prevención de la isquemia medular. La anestesia general se utiliza comúnmente para la cirugía, junto con técnicas de protección de la médula espinal y monitoreo neurofisiológico intraoperatorio (Erbel et al. 2014).

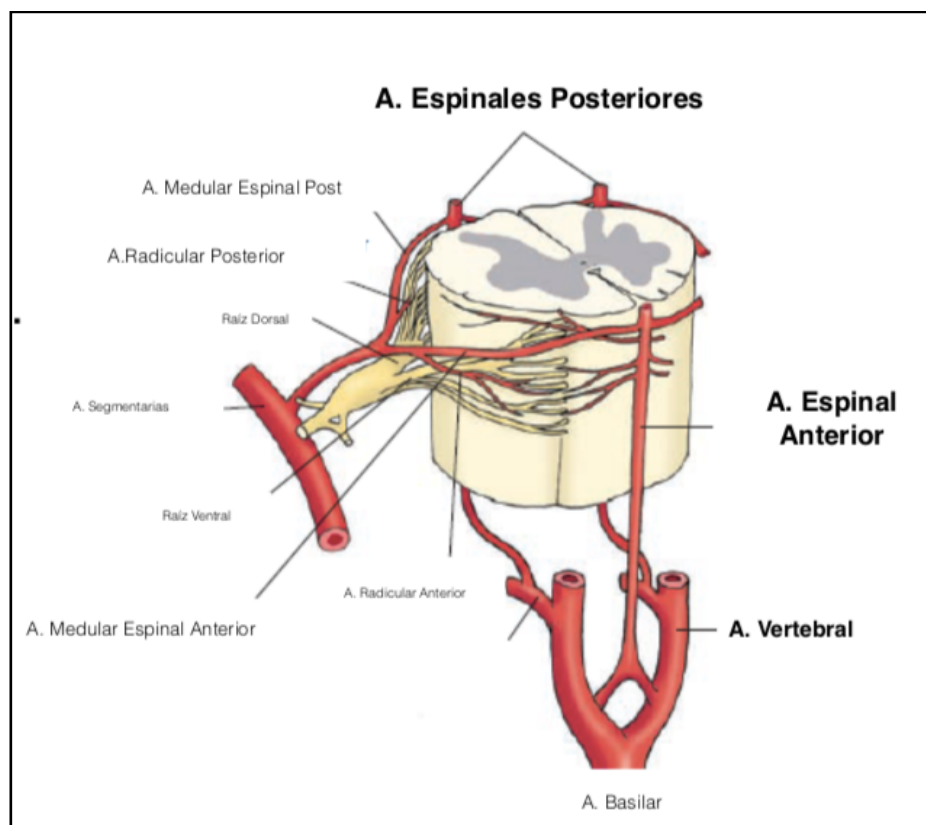
## III. Capítulo: Médula Espinal

### 3.1 Anatomía superficial y profunda

La anatomía superficial de la región lumbar incluye la piel, el tejido subcutáneo y la fascia. La columna vertebral se puede identificar por las prominencias óseas llamadas apófisis espinosas. En la región lumbar, estas apófisis se inclinan hacia atrás y medialmente. La línea media está marcada por la línea de las apófisis espinosas que se puede palpar fácilmente (Standring, 2021).

En la anatomía espinal nos encontramos con los siguientes músculos y ligamentos:

- Músculos:
  - i. Músculo espinoso: Se ubica en la línea media, cubre las apófisis espinosas.
  - ii. Músculo iliocostal: Se encuentra lateralmente en la columna vertebral.
  - iii. Músculo longísimo: Se encuentra entre los músculos espinoso e iliocostal.
- Ligamentos:



**Figura 7.** Diagrama esquemático de la irrigación arterial medular. (Etz, C. D., et al 2015),

- Ligamento supraespinoso: Conecta la punta al extremo de las apófisis espinosas adyacentes.
- Ligamento interespinoso: Se extiende entre las apófisis espinosas adyacentes.
- Ligamento amarillo: Conecta las láminas vertebrales adyacentes y es una estructura elástica que ayuda a mantener la posición erecta de la columna vertebral.

### 3.2 Meninges y espacio espinal

Las meninges son membranas que envuelven y protegen al sistema nervioso central (cerebro y médula espinal). Hay tres capas de meninges. La duramadre es la capa más externa y resistente de las meninges. Está formada por tejido conectivo denso irregular. La duramadre espinal forma un saco que rodea la médula espinal y se extiende desde el foramen magno hasta el nivel de la segunda vértebra sacra (S2), siendo más extensa que la médula espinal que termina a nivel de L1 - L2. A diferencia de la duramadre craneal, a nivel espinal únicamente tiene una capa meníngea. En el área lumbar, se encuentra el espacio epidural, que contiene tejido adiposo, vasos sanguíneos y plexos venosos. (Standring, 2021)

La aracnoides es una capa delgada y avascular ubicada debajo de la duramadre y encima de la piamadre, la cara externa está fuertemente adherida a la duramadre, por lo que se previene la salida de LCR; existen unas estructuras llamadas granulaciones aracnoideas que permiten el drenaje continuo de LCR del espacio subaracnoideo al sistema vascular, el espacio subdural separa la duramadre y la aracnoides (Standring, 2021) la capa más interna se llama piamadre y está adherida a la superficie de la médula espinal. Entre la aracnoides y la piamadre se encuentra el espacio subaracnoideo, que contiene el líquido cefalorraquídeo (LCR) y las raíces nerviosas. (Standring, 2021).

Para acceder al espacio espinal y epidural para colocar un catéter, es necesario atravesar todas estas estructuras, desde la piel hasta el espacio epidural o subaracnoideo, dependiendo del objetivo del procedimiento. Es fundamental tener conocimiento de la anatomía de la columna vertebral y las meninges para minimizar el riesgo de complicaciones durante la colocación del catéter (Standring, 2021).

Existen tres espacios meníngeos: epidural, subdural y subaracnoideo. El espacio epidural es un espacio entre la duramadre espinal y el peristilo de la columna vertebral, está ocupado por tejido conectivo laxo, adiposo, y los plexos venosos discurren este espacio (Standring, 2021).

### 3.3 Irrigación arterial

La irrigación arterial de la médula espinal es muy compleja. La distribución espacial del flujo sanguíneo tiene como fin la perfusión a la totalidad de la misma y debe garantizar un flujo constante y sin interrupciones. La vasculatura se puede dividir en extrínseca e intrínseca, la extrínseca es la que conecta los vasos mayores (aorta, tronco braquiocefálico y arterias pélvicas) a la circulación intrínseca que serían las arterias espinales e intramedulares. Desde el punto de vista anatómico, la perfusión arterial puede clasificarse en irrigación superior por originarse de las arterias vertebrales y en irrigación inferior al nacer de la aorta abdominal (Melissano et al., 2015).

La irrigación arterial de la médula espinal se da principalmente por tres vasos sanguíneos que discurren longitudinalmente: la arteria espinal anterior y dos arterias espinales posteriores. La arteria espinal anterior se considera un vaso ininterrumpido que une a las arterias vertebrales, la arteria radicular mayor, las intercostales posteriores y las arterias lumbares (Melissano et al., 2015).

La arteria espinal anterior tiene su origen en la confluencia de las dos arterias vertebrales a nivel de la decusación de las pirámides, las arterias vertebrales se originan a partir de las arterias subclavias, el tronco braquiocefálico da origen a la arteria carótida derecha y a la arteria subclavia derecha. La arteria subclavia izquierda surge directamente del arco aórtico para luego dar origen a la arteria vertebral izquierda (Colman et al., 2015).

La arteria espinal anterior desciende por el surco medio anterior para irrigar los dos tercios anteriores de la médula espinal que corresponden a la zona anterior, central y lateral, esta recibe diversos afluentes durante su descenso por el surco anterior. Surgen a partir de la aorta descendente y de la aorta abdominal, dando origen a las arterias intercostales y lumbares que pasan a ser llamadas arterias radiculomedulares. Existe una extensa red de circulación colateral que conecta la arteria espinal anterior con vasos que irrigan los músculos dorsales cercanos (Melissano et al., 2015).

En el segmento superior y medio de la médula espinal, la arteria espinal anterior recibe afluentes de las arterias torácicas radiculares a nivel de T4 - T5 y de las arterias intercostales directamente de la aorta. En la zona toracolumbar surge una de los principales afluentes a la arteria espinal anterior; la arteria radiculomedular mayor también conocida como la arteria de Adamkiewicz. El nivel de su origen varía de T9 a L5,.

Predominantemente surge a nivel lumbar y transcurre por la izquierda de la médula espinal (Miranda et al., 2018).

A nivel lumbar y sacro existen círculos colaterales provenientes de las arterias lumbares y de arterias ilíacas laterales. La zona relacionada con el cono medular recibe irrigación de ramas de la arteria ilíaca interna también conocida como arteria hipogástrica, estos vasos generan una extensa red colateral para la zona inferior (Miranda et al., 2018).

Detalladamente, esta circulación colateral está compuesta por pequeñas arterias que penetran el canal espinal, los tejidos perivertebrales y los músculos paraespinosos que se anastomosan entre sí con las arterias espinales y los afluentes de las arterias intercostales, lumbares e hipogastricas (Miranda et al., 2018).

La importante contribución de la arteria subclavia izquierda y de las arterias hipogástricas sugieren por qué al ocluir estos vasos con las endoprótesis pareciera ser que los resultados son menos alentadores y podría justificar porque su permeabilidad debería mantenerse. (Miranda et al., 2018).

Las arterias espinales posteriores se originan directamente de las arterias vertebrales ó de las arterias cerebelosas postero-inferiores para descender postero-lateralmente por la médula espinal e irrigar el tercio posterior. Existe una notable variabilidad con respecto al nivel de origen y de número de arterias que irrigan la médula espinal (Perdomo et al., 2016).

Desde el punto de quirúrgico, es relevante identificar el origen de la arteria de Adamkiewicz ya que existe correlación con el sitio del clamp aórtico en procedimientos vasculares abiertos. Cuando este se realiza por debajo del origen de la arteria el riesgo de lesión medular es cercano a cero, al realizarse por encima, el riesgo aumenta, cuando no se logra identificar el origen de la arteria de Adamkiewicz el riesgo de isquemia teóricamente incrementa. Sin embargo, a pesar de identificar la arteria no existe certeza, ni evidencia de peso que demuestren que su reimplantación vaya a disminuir el riesgo de isquemia (Godet et al., 2017).

Se debe considerar caso por caso la necesidad de reimplantación de la arteria radicular mayor ya que esto podría aumentar el tiempo de *clamp* aórtico y prolongar la hipoperfusión medular (Miranda et al., 2018).

La oclusión de las arteriales intercostales en el despliegue de la prótesis torácica parece ser seguro desde el punto de vista anatómico ya que el origen de la arteria de

Adamkiewicz usualmente es lumbar. En casos de reparación con extensión toracolumbar pareciera ser prudente preservar el flujo sanguíneo desde las arterias lumbares.

El drenaje venoso de la médula espinal consiste en las venas intramedulares que drenan en la vena espinal anterior y posterior para luego desembocar en el plexo vertebral interno y el vertebral externo. Estos discurren longitudinalmente por los cuerpos y láminas vertebrales (Perdomo et al., 2016).

El plexo venoso vertebral de Batson forma un sistema plexiforme que comunica los vasos venosos intercostales posteriores con los plexos vertebrales, el cual particularmente carece de válvulas de flujo (Perdomo et al., 2016).

### **3.4 Fisiología del flujo sanguíneo la médula espinal.**

La autorregulación cerebral es la capacidad que presentan los vasos cerebrales para acoplarse a un rango de valores de presión arterial con el fin de lograr que la perfusión cerebral sea constante y se mantenga dentro de los rangos aceptados para mantener un flujo continuo. Los vasos medulares presentan la misma capacidad de autorregulación, por lo que se habla de que existe un paralelismo con respecto a las dinámicas vasculares, de igual manera, el efecto de la presión parcial de CO<sub>2</sub> a nivel medular pareciera ser similar a su acción a nivel de SNC (Perdomo et al., 2016).

El flujo sanguíneo medular (FSM) está dado por la presión de perfusión medular (PPM) dividido por la resistencia vascular periférica (RVP) ( $FSM = PPM / RVP$ ). (Perdomo et al., 2016)

La PPM o espinal está dada por la diferencia entre la presión arterial media (PAM) y la presión intraespinal (PIE). ( $PPM = PAM - PIE$ ). La PIE está determinada por la presión de líquido cefalorraquídeo. Se ha descrito la presión de perfusión medular óptima con valores arriba de 90 mmHg. (Perdomo et al., 2016).

Se debe evitar la hipotensión sistémica manteniendo PAM entre 85 - 90 mmHG, de ser necesario iniciar vasopresores para lograr estas metas y mantener la saturación de oxígeno por arriba del 90% para evitar la hipoxemia (Perdomo et al., 2016).

La introducción de estrategias que se enfocan en maximizar la perfusión colateral medular y en aumentar la tolerancia a la isquemia presentan mayor beneficio en la prevención de injurias (Godet et al., 2017).

$$\text{Presión de perfusión medular (PPM)} = \text{Presión Arterial Media (PAM)} - \text{Presión intraespinal (PIE)}$$

Teóricamente, el clampeo proximal de la aorta genera un aumento en la presión intraespinal o de LCR, disminuyendo la presión de perfusión medular. Este incremento de la presión intraespinal se debe a cambios en el volumen de las venas de capacitancia epidurales y se ha estudiado que este aumento en la presión directamente no resulta en isquemia medular. (Arrate et al., 2020)

La teoría propone que cuando la presión intraespinal excede la presión arterial de los vasos espinales se sobrepasa y se llega a la presión crítica de cierre por lo que colapsan. Este principio físico explica la base fisiológica para el uso de drenaje de LCR durante cirugía de reemplazo aórtico (Arrate et al., 2020).

A pesar de esta explicación, la evidencia en laboratorios es contradictoria. La presión alta de LCR se asocia con una disminución de la perfusión espinal. Sin embargo; el descenso de esta a valores más bajos de lo normal <10 mmHg no necesariamente presenta una mejoría en la perfusión espinal (Arrate et al., 2020)

### **3.5 Generalidades de líquido cefalorraquídeo**

El líquido cefalorraquídeo (LCR) es un líquido incoloro que se encuentra en el espacio subaracnoideo que rodea el cerebro y la médula espinal. El LCR es producido en los plexos coroideos de los cuatro ventrículos cerebrales, principalmente en los ventrículos laterales y un 30% en el epéndimo. La producción de LCR va desde 0.2 a 0.7 ml por min. (Godet et al., 2017).

La producción diaria de LCR en adultos es de aproximadamente 500 ml en promedio. El rango va de 400 - 600 cc de fluido cada 24 horas y se renueva cada 3 a 4 horas, aspecto que varía durante el transcurso del día. El volumen total de LCR en el cuerpo humano varía según la edad y el peso corporal, pero en promedio es de aproximadamente de 100 - 150 ml en adultos (Tena-Suck et al., 2018).

El LCR actúa como un amortiguador para el cerebro y la médula espinal, protegiéndolos de los movimientos bruscos, a su vez proporciona un medio para la eliminación de los desechos metabólicos del cerebro y para el transporte de nutrientes.

En ciertas circunstancias, como en el caso de hidrocefalia o hemorragia subaracnoidea, puede ser necesario drenar el exceso de LCR para prevenir complicaciones. El volumen

máximo que se puede drenar varía según la técnica utilizada y las necesidades del paciente, pero se recomienda no drenar más de 20 ml/kg en 24 horas y no más de 1 ml/kg/hora (Tena-Suck et al., 2018).

## IV Capítulo: Isquemia medular

### 4.1 Fisiopatología de lesión isquémica medular

La fisiopatología de la lesión isquémica medular luego de TEVAR es multifactorial y no está completamente dilucidada, se han desarrollado y estudiado diferentes teorías con respecto a esta complicación, tanto en cirugía abierta como endovascular.

Previamente, se consideraba que la oclusión de la arteria de Adamkiewics era una causa clara para el desarrollo de isquemia medular (Marturano et al., 2022); sin embargo, la literatura sugiere que las alteraciones en la circulación colateral tienen mayor relevancia en la etiología de la lesión que la oclusión de la misma arteria de Adamkiewics (Marturano et al., 2022).

Hay dos teorías con respecto a la disminución del flujo colateral. La primera sugiere un fallo en el aumento de flujo compensatorio de las ramas colaterales cuando se ocluye la aorta y la segunda menciona la probabilidad que haya microembolismo de las placas ateromatosas aórticas hacia las arterias segmentarias (Marturano et al., 2022).

El *clamp* aórtico durante los procedimientos abiertos y la liberación de la prótesis endovascular con oclusión de las arterias segmentarias son dos situaciones que afectan la hidrodinámica del líquido cefalorraquídeo. Durante el *clamp* de aorta se genera un aumento de la presión proximal a este, generando hipertensión sistémica, aumentando la presión esplácnica y la presión venosa central (PVC), lo cual conlleva al aumento en la presión intracraneana (PIC) y la presión del líquido cefalorraquídeo (LCR). Al contrario, distalmente al *clamp* hay hipotensión arterial generando hipoperfusión e isquemia en miembros inferiores, en la vasculatura renal e intestinal. La presión de perfusión espinal está dada por la diferencia entre la presión arterial media distal al *clamp* y la presión de LCR (Marturano et al., 2022).

---


$$\text{PPE (Presión de perfusión espinal)} = \text{PAM d (Presión arterial Media distal al clamp)} - \text{Presión de LCR}$$

(Marturano et al., 2022)

---

Al disminuir distalmente la presión arterial media y aumentar la presión del líquido cefalorraquídeo la perfusión de perfusión espinal disminuye. La lesión por reperfusión al liberar el clamp aórtico puede influir en la lesión espinal por la respuesta inflamatoria que predispone a hipotensión sistémica y disminuir la PPE, además de producir hipercapnia y acidosis metabólica que podría aumentar la presión de LCR y de la presión intracraneana. (Marturano et al., 2022)

En TEVAR el remodelamiento o rehabilitación de la red de perfusión medular colateral juega un papel importantísimo, se generan cambios en la distribución del flujo entre las zonas intraespinosas y paraespinosas. El flujo llega a invertir su dirección entre los diversos segmentos no ocluidos por la endoprótesis con el objetivo de mantener la perfusión en la totalidad de la médula. Estos cambios ocurren a partir del segundo y quinto día (Marturano et al., 2022), la injuria isquémica puede surgir cuando estos mecanismos compensatorios fallan o los vasos se ocluyen por formaciones tromboembólicas y pueden existir también alteraciones en la dinámica del flujo por el stent. (Marturano et al., 2022)

Los circuitos de colaterales que irrigan la médula espinal son provenientes de la arteria subclavia izquierda, las arterias intercostales, las arterias lumbares y las arterias hipogastricas (iliacas internas). Existe una correlación positiva entre la oclusión de alguna de estas y la incidencia de isquemia (Marturano et al., 2022)

La arteria subclavia izquierda es una de las principales tributarias de flujo sanguíneo, da origen a la arteria vertebral izquierda que luego pasa a ser la arteria espinal anterior e irriga el cerebro a través de la arteria vertebral izquierda la cual se transforma en la arteria basilar para perfundir parte posterior del círculo de Willis. Además, surge el tronco tirocervical que irriga la médula a partir de ramas radiculares anteriores y posteriores. (Godet et al., 2017).

Desafortunadamente, más del 40% de los pacientes durante TEVAR pueden requerir que la prótesis ocluya la salida de la arteria subclavia izquierda según la proximidad de la enfermedad aórtica torácica (Marturano et al., 2022).

La arteria ilíaca interna irriga la médula a través de las arterias lumbosacras radiculares, en ocasiones se utilizan como accesos arteriales cuando existe enfermedad aterosclerótica ileofemoral severa, esto disminuye su aporte a la perfusión medular y puede aumentar el riesgo de isquemia (4.3%) (Marturano et al., 2022). Existen 5 mecanismos que explican la lesión medular en cirugía abierta: interrupción permanente del flujo arterial en las arterias espinales principalmente en el caso de existir malas colaterales, la duración del *clamp* de aorta o de la isquemia, la injuria por reperfusión, infartos por embolismo, inestabilidad hemodinámica y anemia (Godet et al., 2017). A manera general, la severidad de las complicaciones medulares se correlaciona con el grado de hipotensión transoperatoria y destrucción y disfunción del tejido vascular.

## 4.2 Factores de riesgo

Algunos factores de alto riesgo para lesión isquémica medular son: lesión extensa de más de 20 cm, una prótesis previa (EVAR), perfusión pélvica disminuida con oclusión o enfermedad de las arterias ilíacas, arterias vertebrales enfermas, cuando hay cobertura de la arteria subclavia izquierda y cuando el cirujano lo considere de alto riesgo. (AbuRahma et al., 2022) La estabilidad hemodinámica intraoperatoria y postoperatoria parece asociarse de manera directa con el inicio de la lesión isquemia medular. A continuación, se listan los principales factores de riesgo, los cuales también se detallan en la tabla siguiente.

1. Cirugía abierta o endovascular de aorta abdominal previa o simultánea.
  2. Longitud de la prótesis endovascular o el uso de más de 3 stent. Se incrementa el riesgo en un 30% por cada 2 cm de cobertura aórtica adicional (Marturano et al., 2022).
  3. Lesiones extensas.
  4. Cobertura de la arteria de Adamkiewicz.
  5. La oclusión de la arteria subclavia y de las arterias hipogástricas.
  6. Cirugía aórtica de emergencia (disecciones).
  7. Edad avanzada.
  8. Insuficiencia renal.
  9. Hipotensión en el trasoperatorio.
  10. Anemia <10 mgdl.
- (Marturano et al., 2022).

**Tabla 1.** Factores de riesgo de susceptibilidad para isquemia medular luego de reparación de aorta torácica. TEVAR, AAA: Aneurisma de aorta abdominal. (Marturano et al.,2022). (Días-Neto et al., 2017).

Factores asociados al paciente	Factores quirúrgicos
Edad avanzada (>70 años).	Cobertura aórtica completa >205mm
Insuficiencia renal.	Cobertura torácica entre T8 a L2.
EPOC.	AAA concomitante o cirugía <b>previa</b> de reparación de AAA.
Hipertensión arterial	Cobertura de >2 segmentos vasculares.
Etiología (aneurisma o disección)	Oclusión de la a.subclavia izquierda sin revascularización.
Hipotensión perioperatoria (PAM < 70 mmHg)	Cobertura de la arteria hipogástrica bilateral
ASA >4	Procedimiento urgente
Admisión urgente	Uso de > 3 stents
Anestesia general	Sangrado excesivo
Aorta aterosclerótica	Procedimiento prolongado
	Procedimiento adjunto (conducto ilíaco)

### 4.3. Presentación clínica de la isquemia medular

La presentación clínica de la isquemia medular es variable, se manifiesta desde parestesias en miembros inferiores hasta paraplejía completa con o sin disfunción autonómica y también como incontinencia urinaria o fecal. Estas manifestaciones pueden ser transitorias con una recuperación parcial o completa o una lesión permanente, en estas, el tiempo de presentación puede ser inmediato luego de la cirugía o presentar un inicio tardío de 24 a 48 horas posteriores (Wortmann et al., 2017).

La presentación inmediata o temprana se asocia con un pronóstico negativo ya que no se puede determinar con certeza el tiempo de evolución de la lesión. Se asocia con las reparaciones aórticas abiertas, ya que la técnica de *clamping - unclamping* puede generar daño por reperfusión (Marturano et al., 2022).

Al contrario; la presentación tardía usualmente resuelve de manera favorable cuando es detectada a tiempo y tratada. Se correlaciona con el abordaje endovascular. Su explicación podría ser dada por el cierre paulatino de las arterias intercostales por la prótesis y la generación de flujos colaterales (Marturano et al., 2022).

La presentación clínica de la isquemia medular puede variar según la gravedad y la localización de la lesión. A continuación, se describen las diferentes variables de la isquemia medular:

- Paraplejía flácida: pérdida completa de la función motora en las piernas, con pérdida del tono muscular y arreflexia.
- Paraplejía espástica: pérdida de la función motora en las piernas, pero con un aumento del tono muscular e hiperreflexia.
- Paraparesia: debilidad en las piernas que varía de leve a grave.
- Síndrome de Brown-Séquard: afectación unilateral de la médula espinal, con paraplejía espástica en el lado contralateral y pérdida de la sensibilidad al dolor y la temperatura en el lado ipsilateral.
- Síndrome de la cola de caballo: afectación de las raíces nerviosas lumbares, con debilidad en las piernas, pérdida de la sensibilidad en el área perineal y disfunción de la vejiga y el intestino (Awad et al., 2017).

El diagnóstico de la isquemia medular se basa en la evaluación clínica del paciente y en la realización de pruebas de imagen, como la resonancia magnética (RM) o la tomografía computarizada (TC). La RM es la prueba más sensible y específica para el diagnóstico de

la isquemia medular, ya que puede identificar alteraciones en la señal de la médula espinal y cambios en su tamaño. (Awad et al., 2017).

El manejo adecuado de la isquemia medular depende de la gravedad y la localización de la lesión; en general, se recomienda el tratamiento conservador en pacientes con lesiones leves o moderadas, que consiste en medidas de soporte, como la fisioterapia y la rehabilitación. En pacientes con lesiones graves, se puede considerar la cirugía para descomprimir la médula espinal y restaurar el flujo sanguíneo (Awad, H., et al., 2017). Es importante que los pacientes con riesgo de isquemia medular sean cuidadosamente evaluados antes de la colocación de una prótesis endovascular, se tomen medidas preventivas, como el control de la presión arterial y el uso de anticoagulantes y vasodilatadores.

## V. Capítulo: Estrategias de protección medular

Las medidas preventivas y el tratamiento ideal para el manejo de la isquemia medular luego de un TEVAR continúan siendo un tema de estudio y debate, esta es una complicación devastadora que impacta profundamente en el beneficio del procedimiento. De los pacientes que sufren esta complicación, el 70% aproximadamente presenta mejoría funcional al tiempo, pero solo el 38% reportará volver a una función completamente normal, la mortalidad podría llegar a ser tan alta como el 75% en 1 año cuando se instaura la lesión medular definitiva (Abu Rahma et al., 2022).

La lesión isquémica medular se considera multifactorial las medidas preventivas deben ser multimodales, algunas de estas en conjunto buscan aumentar y mantener la presión de perfusión medular a partir ya sea del aumento de la presión arterial media o de la disminución de la presión intraespinal. (Marturano et al., 2022).

**Tabla 2.** Estrategias generales de protección medular. (Marturano et al., 2022).

<b>Estrategias Anestésicas</b>
Maximizar el aporte de oxígeno ( Gasto cardíaco indexado $>2.5L/min/m^2$ ° optimizar hemoglobina)
Hipotermia leve (32° - 35°).
Mantener la presión de líquido cefalorraquídeo (<10 mmHg).
Mantener la presión de perfusión medular $>80$ mmHg.
Neuromonitoreo (pej. potenciales evocados motores/sensitivos, NIRS).
Estabilidad hemodinámica
Monitoreo del lactato del LCR.
<b>Estrategias quirúrgicas</b>
Procedimiento escalonado.
Revascularización de la A. Subclavia izquierda.
Embolización con coils por abordaje mínimamente invasivo.
Perfusión temporal del saco aneurismático.
Implantación de nuevos stents fenestrados y ramificados.

Por consiguiente, se intentan vigilar de cerca el desarrollo de isquemia, el drenaje de LCR es usado en conjunto con otras medidas de protección medular, esto genera confusión en los estudios y los análisis ya que se estarían empleando varias medidas de protección en el mismo paciente (Godet et al., 2017).

Las técnicas modernas involucran múltiples estrategias para reducir el riesgo de lesión espinal isquémica durante la cirugía. Se dividen en estrategias quirúrgicas y estrategias anestésicas. Se han estudiado y descrito las siguientes: mantenimiento de la permeabilidad de la arteria subclavia izquierda, la patencia de las arterias hipogástricas, procedimientos escalonados, el catéter espinal profiláctico, prevención de anemia, hipertensión permisiva, esteroides y uso de naloxona, hipotermia permisiva y oxígeno terapia (Godet et al., 2017).

Quirúrgicamente, se podría realizar el procedimiento de manera escalonada cuando son lesiones muy extensas, garantizar la perfusión de la zona distal de la aorta con técnicas de bypass (atrio izquierdo a arteria femoral izquierda) o la perfusión temporal del saco aneurismático, también mantener permeable o planear la revascularización de la arteria subclavia izquierda por su importancia como rama de perfusión colateral. (Marturano et al., 2022).

Desde el punto de vista anestésico se describe la maximización del aporte de oxígeno, evitar la anemia, inducir hipotermia a nivel de la médula espinal y la colocación de catéter espinal para el drenaje de LCR. Mantener la hemodinamia dentro de la normalidad para asegurarse de una perfusión sistémica adecuada.

## **5.1 Estrategias quirúrgicas**

Se han desarrollado estrategias quirúrgicas para mitigar la presencia de isquemia medular; en casos donde la extensión de la endoprótesis sea mayor a 30 cm, se podría considerar colocarla en dos fases escalonadas. La técnica sugiere desplegar primero la porción proximal de la prótesis para iniciar un proceso de aumento del flujo colateral y su redistribución. Posteriormente, luego de dos a tres meses se coloca la parte distal de la prótesis para completar la cobertura de la zona (Marturano et al., 2022), con el objetivo que los vasos colaterales se encarguen de cumplir la función de perfundir e ir habituando la médula a los nuevos cambios.

Otra medida quirúrgica es mantener el flujo a la arteria subclavia izquierda por revascularización abierta o endovascular. Por ejemplo; se podría realizar la transposición

de la subclavia izquierda a la arteria carótida común izquierda o colocar un *bypass* pequeño entre ambas. (Marturano et al., 2022).

Las guías proponen la revascularización de la arteria subclavia izquierda si la prótesis proximal cubre la emergencia arterial. Las indicaciones absolutas para mantener la patencia de la arteria subclavia izquierda incluyen la existencia de un *bypass* coronario con la arteria mamaria interna, la presencia de una fístula arteriovenosa izquierda y pacientes con dominancia izquierda (Godet et al., 2017).

Entre las indicaciones relativas se encuentran: la dominancia de la arteria vertebral izquierda, cobertura aórtica extensa, reparación previa de la aorta abdominal y oclusión de la arteria hipogástrica. Se debe vigilar la presentación de isquemia en el miembro superior izquierdo o el inicio de insuficiencia vertebrobasilar. Existen cuatro preocupaciones mayores con respecto a la cobertura de la ASI: isquemia medular, accidente cerebrovascular, isquemia en miembro superior izquierdo e isquemia en el sistema vertebrobasilar (Godet et al., 2017).

Existen técnicas novedosas para pre-acondicionar la médula espinal a la isquemia. La embolización con *coils* de manera selectiva busca ocluir segmentos para propiciar la generación de nuevas colaterales y proteger la médula posteriormente. Se puede realizar en el transoperatorio una prueba de oclusión donde se valora la perfusión espinal y se decide si es necesario dejar una rama para perfundir la médula.

Existe la posibilidad de selectivamente generar una fuga o endoleak para mantener perfusión en la zona por fuera de la prótesis y luego cerrar el defecto para dar tiempo a la aparición de colaterales. (Godet et al., 2017). Una maniobra más invasiva es la colocación de un *shunt* y circulación extracórporea para obtener perfusión distal durante el clamp en casos abiertos (Marturano et al., 2022).

Las técnicas endovasculares incluyen la utilización de prótesis frenestradas o ramificadas y se asocian con un riesgo menor de isquemia medular. (Godet et al., 2017).

En resumen, desde el punto de vista anatómico se podría realizar la reimplantación de las arterias intercostales, las de la vasculatura pélvica y de la zona lumbar inferior, otra medida sería la realización de *bypass* de la arteria subclavia izquierda para garantizar su patencia. La realización preoperatoria de una arteriografía podría identificar las arterias nutricias principales para intentar preservarlas.

## 5.2 Estrategias Anestésicas

El manejo transoperatorio y la preparación anestésica previa a una cirugía de reemplazo endovascular de aorta torácica son fundamentales para el éxito del procedimiento. La terapia guiada por metas hemodinámicas y estrategias proactivas para proteger la médula espinal contribuyen a la prevención y manejo de complicaciones.

Se inicia por los parámetros macro-hemodinámico, los cuales deben mantenerse dentro de valores que permitan la adecuada oxigenación y perfusión medular. Se propone mantener la hemoglobina en valores mayores a 10 mg/dl (AbuRahma et al., 2022).

La perfusión medular depende la diferencia entre la presión arterial media y la presión de líquido cefalorraquídeo. ( $PPM = PAM - PIE$ ). Se propone como meta mantener la presión arterial media arriba de 90 mmHg. La presión de LCR debería ser menor a 10 mmHg para obtener una PPM arriba de 80 mmHg. (Kemp et al., 2021).

Existe evidencia de que el mantenimiento de la PPM por arriba de 80 mmHg, puede prevenir y revertir la lesión isquémica y la parálisis secundaria. El aumento de la presión arterial media se logra con el uso apropiado de soporte vasopresor con medicamentos como: la noradrenalina, epinefrina y fenilefrina. El uso de vasopresores se debe titular en las 24 a 48 horas luego de la mejoría sintomática (Kemp et al., 2021).

La monitorización con potenciales somato sensitivos (SEP) o motores pueden predecir isquemia medular. Se considera una herramienta útil para identificar cambios y optimizar la hemodinamia general. Permite una intervención temprana para mejorar la perfusión y el resto de parámetros hemodinámicos.

Los potenciales somato sensitivos monitorizan los tractos sensitivos ascendentes ubicados en la parte posterior de la médula espinal. Esto se debe de tomar en cuenta ya que limita la monitorización completa de la médula. Se vigila la integridad de las columnas posteriores y laterales principalmente. La zona mayormente afectada por la isquemia es la zona anterior que se escaparía de la monitorización (Marturano et al., 2022).

Los potenciales motores (MEP) evalúan los tractos descendentes de la médula espinal que se ubican anterolaterales (Días-Neto et al., 2017), las respuestas pueden verse atenuadas a nivel cortical por el uso de anestésicos inhalatorios, por lo que se recomienda utilizar valores de CAM no mayores a 0.5, anestesia intravenosa con infusiones de propofol o remifentanilo y de manera limitada la relajación neuromuscular para obtener respuestas de adecuadas en los potenciales motores.

Al existir alteraciones en los valores de los potenciales esto orienta a tomar medidas correctivas, tiene mayor utilidad en casos con prótesis complejas como las fenestradas y ramificadas (AbuRahma et al., 2022). Una de las limitaciones más importantes de los potenciales evocados está en que solo se puede utilizar durante el transoperatorio bajo anestesia general, por lo que no tiene utilidad en el diagnóstico de isquemia medular tardía (Días-Neto, et al., 2017).

La tecnología de NIRS espectroscopia cercana al infrarrojo o “*Near Infrared Spectroscopy*” permite objetivar la saturación de oxígeno en sangre en los tejidos cercanos a su alcance. Teóricamente; se podría utilizar en los tejidos paraespinosos torácicos y lumbares, orientado hacia la monitorización de la circulación colateral en estos procedimientos. Sin embargo; todavía no se cuenta con evidencia para su recomendación universal. (Marturano et al., 2022).

El uso de hipotermia es controversial porque la hipotermia moderada de 32<sup>C</sup> - 35<sup>C</sup> podría tener un rol en la protección espinal, aunque sus efectos adversos podrían predominar en el desenlace de estos pacientes, puede ocurrir coagulopatía, disfunción endotelial, alteraciones metabólicas y disritmias. Como alternativa se propone la hipotermia epidural o regional, procedimiento complejo e invasivo y además conlleva un alto riesgo de contaminación y edema espinal luego de su uso. (Shimizu et al., 2014).

Las recomendaciones farmacológicas no son claras, ni hay de evidencia de calidad para su recomendación como medida de prevención contra la isquemia medular. Se ha propuesto el uso de metilprednisolona a 30 mg/kg previo al clamp aórtico en casos abiertos, papaverina intratecal e infusión de naloxona iv a 1 mcg/kg/hora iniciada desde previo a la inducción hasta 48 horas luego de la cirugía (Shimizu et al., 2014), también se ha sugerido el uso de manitol como agente hiperosmolar por diversos mecanismos como disminución del edema intersticial, disminución de la viscosidad sanguínea y prevención de la hipotensión por su efecto en el aumento intravascular de volumen.

El drenaje de LCR se considera un procedimiento efectivo para prevenir la lesión isquémica espinal luego de la reparación aórtica; sin embargo, sus indicaciones pueden ser controversiales y el catéter se debe de usar como parte de un manejo multifactorial. (AbuRahma et al., 2022).

Para disminuir la presión intraespinal se coloca un catéter espinal, también llamado drenaje lumbar externo, para el drenaje de LCR. Al hacer esto en una manera controlada y guiada por metas horarias se logra mejorar la presión de perfusión espinal. Como ya se

ha revisado previamente, la presión de perfusión espinal es la diferencia entre la presión arterial media y la presión intraespinal, se considera que los cambios secundarios a la isquemia y la reperfusión pueden resultar en edema espinal y aumento de la presión intraespinal, disminuyendo la PPM.

El catéter espinal se puede colocar el día previo de la cirugía, el mismo día de la cirugía o colocarlo de manera postoperatoria. El *timing* de la colocación no tiene impacto en la discapacidad funcional posterior ni en la mortalidad de largo plazo. (AbuRahma et al., 2022).

La colocación de un catéter espinal en el postoperatorio se podría considerar en pacientes que se presentan con datos de parálisis posterior a un TEVAR en las primeras dos horas de inicio de síntomas. No obstante, ya que el mecanismo de la paraplejía tardía es multifactorial y no está esclarecido en su totalidad no se podría recomendar de manera sistemática su colocación en esta situación (Marturano et al., 2022).

Las guías de la Sociedad de Cirugía Vascular recomiendan la colocación profiláctica de un catéter espinal para drenaje de LCR en casos que presenten factores de alto riesgo para lesión isquémica medular como los siguientes: lesión extensa, una prótesis previa (como un EVAR), perfusión pélvica disminuida con oclusión o enfermedad de las arterias ilíacas, arterias vertebrales enfermas, cuando hay cobertura previa de la arteria subclavia izquierda y cuando el cirujano lo considere de alto riesgo. (AbuRahma et al., 2022).

### **Tabla 3 . Indicaciones de uso para catéter espinal en TEVAR.**

1. Cobertura anticipada de T8 - L1 (especialmente en el caso de intercostales y lumbares que irrigan la arteria de Adamkiewicz identificada de previo).

2. Segmentos torácicos mayores a 30 cm.

3. Compromiso de los afluentes colaterales (Sustitución previa infrarenal, oclusión de las arterias hipogástricas, cobertura de la arteria subclavia izquierda sin revascularización).

4. Isquemia medular sintomática en un paciente que no tuvo un catéter espinal colocado previamente.

## **5.2.1 Técnica anestésica**

En caso de cirugía aórtica abierta se utiliza anestesia general balanceada y en TEVAR también es frecuente dar anestesia general. Esto permite tener control de la vía aérea en caso de hemorragia, shock o la necesidad de extender la cirugía. Además de proporcionar inmovilidad durante la misma. En ocasiones se utiliza la ecocardiografía transesofágica para guiar el manejo anestésico y hemodinámico lo que puede requerir planos más profundos de sedación para garantizar el confort del paciente (AbuRahma et al., 2022).

Técnicamente, el procedimiento de TEVAR es realizable con anestesia local y sedación con vigilancia anestésica por ser un abordaje mayormente percutáneo, uno de los beneficios es la evaluación neurológica rápida de las extremidades de estos pacientes. De acuerdo con las guías, estudios de alta calidad comparando la anestesia local versus la anestesia general están pendientes de realizar, queda a criterio del anestesiólogo y del protocolo hospitalario (AbuRahma et al., 2022).

## **5.2.2. Drenaje lumbar externo**

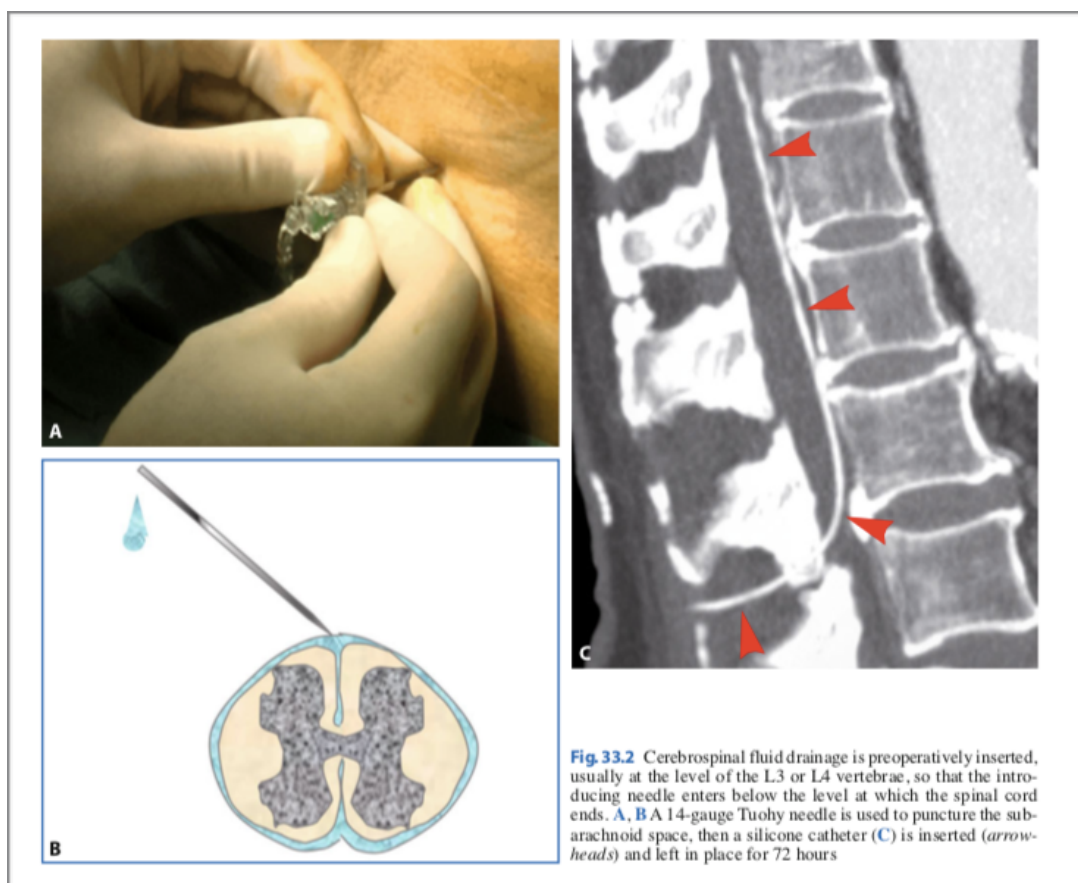
### **5.2.2.1 Técnica de colocación de la derivación lumbar externa**

El drenaje lumbar externo (DLE) es una alternativa para referirse al catéter espinal ya que ambos van a estar ubicados en el espacio subaracnoideo para cumplir con su función de drenar de LCR y monitorización de la presión intraespinal. La técnica general consiste en la inserción del catéter en el espacio espinal a nivel lumbar para drenar LCR y disminuir la presión intraespinal y mejorar la PPM (AbuRahma et al., 2022). El espacio subaracnoideo tiene un volumen promedio de 75 ml y es más constante encontrarlo en su ubicación lumbar que por el acceso a través de los ventrículos cerebrales. Se comunica a través del foramen magno con el espacio subaracnoideo intracraneano (Grille et al., 2020).

Se debe colocar al paciente en una posición correcta, esta podría ser sentado y flexionado o en decúbito lateral. La posición lateral podría disminuir la cantidad de LCR que sale excesivamente al introducir la aguja Tuohy dentro del espacio subaracnoideo (Arrate et al., 2020). Se debe preparar una bandeja con el instrumental adecuado para realizar la técnica de punción lumbar que se encuentre en condiciones asépticas.

Se busca la línea intercrestal o de *Tuffier*, siendo esta una línea imaginaria que intercepta el espacio interespinoso a nivel de L3 - L4, para buscar por anatomía la zona lumbar adecuada. (Altermatt et al., 2023). Para ingresar al espacio espinal se puede utilizar un abordaje medio o paramedial, la clave radica en encontrar la línea media a través de la palpación de las apófisis espinosas, una vez identificado el espacio espinal elegido, se realiza con técnica de asepsia y antisepsia, limpieza de la zona y se coloca anestésico local (lidocaína al 2% de 3 ml a 5 ml).

Se utiliza una aguja Tuohy (14 o 16 gauge) para poder avanzar luego el catéter espinal dentro del canal. De manera perpendicular o con una leve inclinación a la piel, se inserta la aguja hasta quedar anclada a los ligamentos interespinosos que van a darle estabilidad. Se puede utilizar la técnica de pérdida de resistencia para encontrar el espacio epidural o hacerlo de manera directa, se avanza la aguja en dirección hacia la duramadre, donde se llegará a percibir una tensión y cambio en la resistencia de los tejidos, esta debe romperse para acceder al espacio espinal. Al retirar el mandril de la aguja saldrá líquido cefalorraquídeo por lo que se deberá avanzar el catéter sin sentir mayores resistencias.



**Figura 8.** Técnica de colocación de catéter espinal.

(Altermatt et al., 2023). Para poder insertar el catéter espinal con mayor facilidad dentro del espacio, este trae una guía metálica que le confiere mayor rigidez y manipulación.

Al introducir el catéter se debe corroborar que el trocar Tuohy tenga su bisel hacia cefálico. Con ayuda de un segundo operador se debe de introducir rápidamente el catéter para minimizar el tiempo de desconexión y salida no cuantificada de LCR. Se recomienda previamente haber humedecido el catéter para facilitar su inserción, por ello se sugiere introducir de 20 a 25 cm para evitar desplazamientos a la hora de retirar la Tuohy. El paciente puede referir parestesias por lo que se debe retirar 1cm hasta la desaparición del síntoma, para asegurar un buen drenaje LCR se recomienda dejar de 8 a 15 cm de catéter dentro del espacio subaracnoideo (Arrate et al., 2020). En el extremo distal se conecta una conexión de tipo *luerlock* para luego conectar el resto del sistema que se vaya a instalar. Se deben de tomar precauciones para la fijación del sistema para evitar que este se desplace.

El “cero” o nivel de presión en relación al paciente puede hacerse a nivel del conducto auditivo externo (CAE) donde hace referencia al polígono de Willis. Otra opción sería a nivel axilar donde se encuentra la zona de mayor riesgo de isquemia medular o a nivel lumbar donde se insertó el catéter. Este nivel toracolumbar parece ser adecuado para proteger la médula espinal, sin embargo; podría generar una salida aumentada de LCR generando efectos de hipotensión a nivel encefálico (Arrate et al., 2020).

El sistema de recolección de la DLE debe ser un sistema cerrado con un receptáculo no colapsable, debe de contar con un filtro antibacteriano, tener una válvula antirreflujo en la línea de captación de LCR y conectarse a un transductor de presión (Grille et al., 2020), se debe valorar si la extracción se hará basándose en metas por volumen o por presión.

Existe el *LiquioGard - 7* que es un sistema computarizado diseñado para el drenaje y monitorización de LCR de manera automática y segura que no necesita de mayores manipulaciones. Además, como parámetro de seguridad, presenta un límite máximo de drenaje de LCR predeterminado por presión o por volumen, nunca superior de 15 - 20 ml por hora (Grille et al., 2020).

Cuando el catéter espinal se coloca como medida de protección medular se busca evitar el aumento de presión en la médula, por lo que una monitorización basado en metas de presión sería lo más razonable (Arrate et al., 2020).

Se deben de tomar precauciones generales a la hora de manipular el catéter por el riesgo de sepsis y de drenaje excesivo de LCR. El extremo distal nunca debería quedar en caída libre o un nivel más bajo ya que esto aumentaría el drenaje de LCR con disminución de la

PIC pudiendo ocasionar hematomas subdurales. Se debe manipular en condiciones estériles. Al retiro se debería de colocar un punto de sutura para evitar la formación de una fístula de LCR. (Arrate et al., 2020).

Se podrían considerar tres tiempos distintos para la colocación del catéter espinal: de manera rutinaria en todos los pacientes, una implementación selectiva en pacientes con riesgo aumentado de isquemia espinal y por último colocarlo en el postoperatorio en pacientes con clínica de isquemia medular como medida de rescate (Wortmann et al., 2017). Una propuesta es colocar el catéter espinal el día previo a la cirugía, siendo esto más práctico y seguro por la heparinización completa que podrían recibir estos pacientes en casos complejos. (Wortmann et al., 2017). Otra ventaja de colocarlo el día anterior es que en caso de complicaciones hemorrágicas pueden ser rápidamente identificadas y resueltas.

### 5.2.2.2 Monitorización de PIE

La presión intraespinal (PIE) se debe de mantener en una presión base de 10 mmHg. Se sugiere un drenaje máximo de LCR de 20ml por hora. Si existen cambios en el neuromonitoreo, por ejemplo, con los potenciales evocados, se podría considerar descender la PIE a 5 mmHg o a 0 mmHg, el drenaje puede mantenerse de 24 a 72 horas según la complejidad de la disección y manteniendo la PPM. (Banga et al., 2016). La PIE debe ser igual a la PIC en el paciente acostado supino en 0 grados usando como punto de referencia el trago y la línea medio-axilar.

La derivación lumbar externa se podría colocar en el preoperatorio inmediato para monitorizar la presión de LCR de manera continua durante las próximas 24 a 72 horas luego de procedimiento. Como parte de los objetivos hemodinámicos se debe mantener la PAM arriba de 80 mmHg, una PIE menor de 10 - 12 mmHg con una PPM de 70 mmHg. (Grille et. al., 2020). Se recomienda drenar de 10 a 20 ml de LCR si la presión se eleva por encima de 10 mmhg (Presión espinal meta entre 8 - 12 mmHg).

En el postoperatorio el paciente debe permanecer en una unidad donde se pueda valorar constantemente la función neurológica del mismo. Se sugiere la valoración horaria durante las primeras 8 h y luego cada 2 horas por personal entrenado hasta que el paciente esté en condiciones de reportar debilidad muscular o parestesias, otra alternativa es la valoración cada 2 horas durante 4 horas y luego únicamente cada 4 horas (Días-Neto et al., 2017). Se sugiere utilizar la escala estandarizada de fuerza muscular que se muestra a continuación.

**Tabla 4.** Escala de valoración de fuerza muscular. (Días-Neto et al., 2017)

Grado	Respuesta clínica
0	No hay contracción muscular.
1	Hay contracción, pero sin acortamiento muscular.
2	Hay acortamiento muscular pero no logra elevar contra gravedad.
3	Logra vencer contra gravedad únicamente.
4	Levemente disminuida y vence fuerzas menores.
5	Fuerza muscular normal.

En la ausencia de síntomas se han descrito diversos abordajes para el retiro del catéter. Una opción es mantener el drenaje con la frecuencia que se haya utilizado intraoperatoriamente durante 24h a 36h, luego se cierra el drenaje y se suspende a las 48 horas de colocado, por ello se procura una PAM entre 75 a 85 mmHg (Días-Neto et al., 2017). Otro abordaje es suspender el catéter apenas el paciente pueda demostrar fuerza conservada en los miembros inferiores, manteniendo una PAM entre 90 - 100 mmHg. (Días-Neto et al., 2017). Si el paciente desarrolla síntomas se recomienda una evaluación por neurología y se podrían requerir imágenes para diferenciar entre los posibles diagnósticos: isquemia cerebral, lesión periférica o complicaciones relacionadas al dreno. Se debe optimizar la hemodinamia y aumentar el drenaje de LCR si este se había ido titulando a la baja y el dreno se puede mantener hasta 5 días. (Días-Neto et al., 2017)

**Tabla 5.** Consideraciones de monitoreo del catéter espinal

Presión intraespinal (PIE): mantener en una presión de 10 mmHg.

Drenaje máximo de LCR de 20ml por hora. Utilice técnica aséptica.

El drenaje puede mantenerse de 24 a 72 horas según la complejidad del caso.

PAM arriba de 80 mmHg.

PPM arriba de 70 mmHg

### 5.2.2.3. Contraindicaciones del drenaje lumbar externo

La colocación de un catéter espinal para drenaje de líquido cefalorraquídeo debe ser considerada con precaución en pacientes con ciertas condiciones y existen situaciones que prohíben el uso de los drenajes lumbares externos: pacientes que tengan lesiones en sistema nervioso central que comprima las cisternas basales o que generen desviaciones de la línea media en más de 5 mm, además cuando hay procesos con efecto de masa o hipertensión intracraneal secundaria a una lesión en fosa posterior. La presencia de trombocitopenia con valores menores a 50mil plaquetas o pacientes con alteración en las pruebas de coagulación. (Grille et. al., 2020).

A continuación, se presentan algunas contraindicaciones absolutas:

- 1 Infección activa en el sitio de punción.
- 2 Presencia de una lesión en la piel en el sitio de punción.
- 3 Hipertensión intracraneal no tratada.
- 4 Coagulopatía grave, incluyendo una disminución significativa de las plaquetas o anticoagulación activa que no se puede corregir.
- 5 Inestabilidad hemodinámica.
- 6 Trastornos de la coagulación hereditarios o adquiridos.
- 7 Enfermedades infecciosas de la médula espinal o del cerebro.
- 8 Anomalías congénitas de la columna vertebral, como una estenosis espinal significativa.
- 9 Algunos tipos de tumores cerebrales o espinales.

(Niemantsverdriet et al., 2015)

Es importante que los pacientes sean evaluados individualmente antes de la colocación de un catéter espinal para drenaje de líquido cefalorraquídeo. Si un paciente presenta alguna contraindicación absoluta, el procedimiento puede ser peligroso y se deben considerar otras opciones para la protección medular durante la cirugía endovascular.

### 5.2.2.4. Complicaciones generales del catéter espinal

El riesgo general de complicaciones luego de la colocación del drenaje lumbar es de 0.3% a 1.0%. Dentro de las complicaciones generales asociadas se menciona la infección en el sitio de punción (11%), cefalea post punción dural (3.3%), sangrado en el sitio de punción (2.1%), persistencia de salida de LCR (1.3%), hematoma subdural sin repercusión clínica, parálisis del nervio abducens, desplazamiento y oclusión del catéter espinal (0.1%) (Marturano et al., 2022).

Como complicaciones severas se encuentra la meningitis (0.1%), hematoma subdural clínicamente significativo (1.7%) y hemorragia intracraneana (1.8%). Está última se relaciona con el drenaje en exceso y rápido de LCR, ya que los vasos duros se distienden y se rasgan (Marturano et al., 2022).

Para evitar los riesgos de un hematoma subdural se busca que la presión de LCR sea mayor a 10 mmHg en ausencia de isquemia se deben utilizar fluidos o vasopresores para mejorar la hemodinamia general. (Marturano et al., 2022).

Se pueden clasificar como complicaciones derivadas de la punción o inserción del catéter el daño a la raíz nerviosa, el hematoma en el canal neuroaxial especialmente luego de múltiples intentos o alteraciones en la coagulación, el neumocéfalo y la ruptura del catéter. Complicaciones derivadas del funcionamiento de catéter como meningitis, drenaje excesivo de LCR, cefalea o hipertensión intracraneana. Por último, complicaciones derivadas del retiro del catéter como las fístulas de LCR, fragmentación del catéter o cefalea por hipotensión del LCR (Arrate et al., 2020). Por el diámetro de la aguja Tuohy utilizada el riesgo de cefalea post punción es relativamente alto. Se presenta en el 3% a 20% de los casos. (Wortmann et al., 2017). Se deben respetar las recomendaciones generales con respecto a la anticoagulación y antiagregación al abordar el neuroeje para insertar y retirar el catéter, así como tomar en cuenta el conteo plaquetario y la hemostasia en general.

### 5.2.3. Recomendaciones sobre anticoagulación

Las guías de la Sociedad Americana de Anestesia Regionales (ASRA, por sus siglas en inglés) y la Sociedad Europea de Anestesia Regional y Terapia del Dolor (ESRA) sobre anticoagulación y bloqueo espinal dan las siguientes recomendaciones sobre manejo.

**Anticoagulantes orales directos (DOAC):** Por lo general, es necesario interrumpir la administración de DOAC antes de la colocación del catéter espinal. El tiempo de interrupción varía según el agente y la función renal del paciente, y puede oscilar entre 3 días a 5 días antes del procedimiento (Kietaihl et. al 2022).

**Antagonistas de la vitamina K (AVK):** Los pacientes en tratamiento con AVK deben tener un índice internacional normalizado (INR) de 1,4 o menos antes de someterse a un bloqueo espinal. La Warfarina debe de suspenderse entre 5 - 7 días previo al procedimiento. (Narouze et al., 2015), (Kietaihl et. al 2022).

**Heparina de bajo peso molecular (HBPM):** la última dosis de anticoagulación profiláctica de HBPM (Clexane <40mg día sc) debe administrarse al menos 12 horas antes de la colocación del catéter espinal y esperar 24 horas antes si se utiliza en dosis de anticoagulación completa (Dosis de 1 a 2 mg/kg sc). , (Kietaihl et. al 2022).

**Heparina no fraccionada (HNF):** La HNF subcutánea profiláctica (Heparina 5000 uds sc día) debe suspenderse 4 a 6 horas antes de la colocación del catéter espinal, y de ser necesario se debería de confirmar que el tiempo de tromboplastina parcial activado (aPTT) si ha vuelto al rango normal. En caso de dosis más altas como Heparina 5000 uds sc BID se debe de esperar 12 horas. , (Kietaihl et. al 2022).

**Antiagregantes plaquetarios:** El manejo de los antiagregantes plaquetarios varía según el medicamento y la situación clínica. Por ejemplo, para el clopidogrel, se recomienda suspender el tratamiento de 5 a 7 días antes del procedimiento. (Narouze et al., 2015). Con respecto a la aspirina; cuando se usa en dosis menores a 200mg al día de manera preventiva no es necesaria la suspensión de la misma, al usarse en dosis altas se sugiere la suspensión de 3 - 7 días, por lo que se debe valorar caso a caso según los factores de riesgo cardiovasculares que presente el paciente. (Narouze et al., 2015), (Kietaihl et. al 2022).

## VI. Capítulo: Recomendaciones y guía de manejo

1. Evaluación preoperatoria: realizar una evaluación del paciente y valorar los factores de riesgo que puedan aumentar el riesgo de isquemia medular. Esto incluye la evaluación de la longitud, la localización de la prótesis, la futura oclusión de la arteria subclavia izquierda, las arterias hipogástricas y la presencia de prótesis previas.
2. Revisar caso por caso el uso de antiagregantes o anticoagulantes para suspender los medicamentos que sean necesarios con el tiempo recomendado para realizar una colocación segura del drenaje lumbar externo.
3. Discutir el mejor momento para colocar el catéter: día previo a la cirugía, el día mismo de la cirugía o en el postoperatorio en caso necesario. Se debe tomar en cuenta que es frecuente la utilización de heparina IV durante el procedimiento (Heparina de 80 a 100 uds por kg).
4. Previo asepsia y antisepsia se procede a colocar el catéter en el nivel espinal lumbar más bajo identificado. Se puede utilizar la técnica de pérdida de resistencia o una técnica continua y directa para llegar al espacio subaracnoideo. En el caso de una punción con sangrado significativo se podría llegar a considerar la suspensión de la cirugía.
5. Para el monitoreo de la presión intraespinal se utiliza un transductor de presión universal con adaptación al monitor utilizando la etiqueta de PPM. Sin embargo, la literatura recomienda equipo específico para esto. Por ejemplo; el *Liquiogard* ya que evita la manipulación frecuente del catéter.
6. La meta de presión intraespinal se encuentra entre 8 mmHg a 12 mmHg (promedio de 10 mmHg).
7. La velocidad de drenaje de LCR no debería de sobrepasar los 10 - 15 ml por hora o 350 ml/día. En caso de isquemia medular se deben valorar los riesgos y beneficios de aumentar el drenaje hasta 20 ml por hora.
8. La presión arterial media se recomienda entre 75 - 85 mmHg previo al despliegue de la prótesis y si el paciente así lo requiere por sus comorbilidades (por ejemplo, hipertensión arterial crónica).
9. Se recomienda una PAM arriba de 90 a 100 mmHg luego del despliegue de la endoprótesis o al detectarse cambios en los potenciales evocados tanto sensitivos

como motores si se estuvieran utilizando. Se puede usar soporte vasopresor de ser necesario (norepinefrina o fenilefrina) (Días-Neto et al., 2017). En caso de persistir cambios se puede aumentar la PAM hasta 100 - 115 mmHg.

10. Se recomienda un índice cardíaco mayor a 2 L/min. (Días-Neto et al., 2017).
11. Saturación periférica de oxígeno mayor o igual 96%. (Días-Neto et al., 2017).
12. Valores de hemoglobina entre 10-12 mg/dl. (Días-Neto et al., 2017).
13. Se debe reanimar de manera juiciosa y mantener una PVC entre 10 - 12 mm Hg y evitar el exceso de la misma para no aumentar la presión intracerebral y del LCR.
14. Se mantiene el monitoreo continuo por 3 días postoperatorios idealmente en una unidad de cuidados intensivos o intermedios para vigilar de cerca la función neurológica.
15. Se sugiere la valoración horaria durante las primeras 8 h y luego cada 2 horas por personal entrenado hasta que el paciente esté en condiciones de reportar debilidad muscular o parestesias. Otra alternativa es la valoración cada 2 horas durante 4 horas y luego únicamente una vez cada 4 horas (Días-Neto et al., 2017). Se sugiere utilizar la escala estandarizada de fuerza muscular.
16. Otra alternativa es suspender el catéter apenas el paciente pueda demostrar fuerza conservada en los miembros inferiores, manteniendo una PAM entre 90 - 100 mmHg. (Días-Neto et al., 2017)
17. Se drena LCR en caso de la presencia de déficit neurológico y se mejoran parámetros hemodinámicos.
18. Se debe coordinar la suspensión del catéter con la suspensión de la anticoagulación profiláctica o permanente que reciba el paciente para disminuir el riesgo de complicaciones hemorrágicas asociadas con el retiro del catéter espinal.

## Análisis

Las intervenciones en la aorta son procedimientos de alta complejidad que han evolucionado hacia técnicas modernas endovasculares. La literatura menciona que en centros con experiencia los resultados son muy prometedores. La Sociedad de Cirugía Vasculare apoya el uso de procedimientos endovasculares como primera elección en el tratamiento de aneurismas de aorta torácica siempre y cuando el paciente cumpla con los requisitos técnicos para la colocación de la prótesis endovascular. La mortalidad de la reparación abierta se encuentra entre un 3% a un 28%, y para la reparación endovascular entre 0% a 16.9% (Marturano et al.,2022).

Existen diversas patologías aórticas donde se ha ido extrapolando el uso de estas técnicas como los síndromes aórticos agudos incluidos la disección aórtica, el hematoma intramural y la úlcera penetrante, con resultados favorecedores.

El procedimiento endovascular no está exento de complicaciones. Puede ocurrir ruptura de la aorta en los casos más dramáticos, de los vasos iliacos, femorales u otros utilizados para el acceso arterial. La presencia de endofugas luego de la liberación de la prótesis, así como desplazamiento de la misma o inclusive la necesidad de realizar un segundo tiempo quirúrgico abierto podría ocurrir. Desde el punto de vista hemodinámico, no existen mayores perturbaciones de la presión arterial como ocurre en la cirugía abierta asociado al clamp aórtico.

En ocasiones durante el procedimiento se debe de utilizar un balón intraarterial para dilatar y desplegar la prótesis lo que podría generar aumentos transitorios de poscarga. Se debe vigilar de cerca la volemia ya que en ocasiones los introductores de diámetros altos pueden lesionar las paredes de los accesos vasculares durante el despliegue de las prótesis y ocasionar sangrados constantes y significativos. Es importante recalcar que la anatomía propia del paciente puede ser ventajosa para la manipulación de las herramientas, como podría al contrario generar dificultades mayores. Por lo anterior, la correcta y asertiva selección de los pacientes para TEVAR por los cirujanos es uno de los factores más importantes para el éxito del procedimiento.

A pesar de este gran avance en el abordaje quirúrgico; la isquemia medular puede ocurrir en estos pacientes. Su presentación severa no es tan frecuente, sin embargo; es una de las complicaciones más importantes en el postoperatorio de estos pacientes. La incidencia de la isquemia espinal es aproximadamente un 20% para procedimientos

abiertos, en patologías similares realizando un abordaje endovascular puede disminuir y presentarse entre 1.2% a 8%, los estudios demuestran que cuando los pacientes desarrollan isquemia medular y esta se perpetua, la mortalidad general a corto plazo aumenta significativamente, por lo que el procedimiento se volvería una situación catastrófica. La calidad de vida de los pacientes se vería sumamente afectada. La paraplejía es uno de los principales factores que aumenta la mortalidad.

Existen varias claves a tomar en cuenta en el manejo de estos pacientes. Tales como: la extensión de la lesión aórtica, su ubicación en relación con la arteria subclavia izquierda y la longitud de la endoprótesis. Las lesiones abdominales usualmente requieren de prótesis más cortas y no es tan frecuente la oclusión de segmentos críticos de perfusión medular como la arteria subclavia izquierda y las porciones torácicas superiores de donde teóricamente se origina la arteria espinal anterior. Eso sí, habría que tomar en la oclusión de las arterias ilíacas internas.

La médula espinal tiene la gran ventaja de contar con un sistema arterial de irrigación que actúa como una red interconectada y mantiene constante el flujo sanguíneo. Esto permite mantener su perfusión dentro de límites aceptables a pesar de perder varios de sus afluentes. Es un mecanismo de protección por su alta sensibilidad a la hipoxia e isquemia. La relación entre la arteria subclavia izquierda y la médula espinal se da a partir del origen de la arteria vertebral izquierda que llega a transformarse en rama de la arteria espinal anterior que discurre sobre la médula espinal.

La fisiología medular necesita una perfusión adecuada para sustentar su metabolismo basal y requerimientos energéticos. Esta presión de perfusión medular se genera por la diferencia entre la presión arterial media y la presión intraespinal. La presión intraespinal la determina la presión de LCR. A partir de esta relación se propone la colocación de un catéter en el espacio subaracnoideo ya sea llamando un catéter espinal o una derivación lumbar externa; para permitir el drenaje de LCR disminuyendo la presión intraespinal y teóricamente, mejorando la presión de perfusión. La presión intraespinal se debería de manejar entre 8 a 12 mmHg, realizando un control cruzado con la PPM que debería de estar entre los 60 - 70 mmHg (Días-Neto et al., 2017).

Los espacios meníngeos deben ser abordados con una técnica aséptica. A la hora de drenar LCR y para su monitorización se debe realizar conscientemente con técnicas asépticas.

La cantidad de líquido cefalorraquídeo extraído no debe ser excesivo y descontrolado porque podría generar sangrados a nivel del sistema nervioso central. La recomendación de la literatura es no sobrepasar el drenaje de 15 ml - 20 ml por hora o 350 ml/día. En la presencia de isquemia medular se podría aumentar el drenaje hasta 30 ml por hora o 60 ml en las primeras 3 horas.

El manejo anestésico debe ser integral. Debe realizarse una valoración caso a caso. En la visita preoperatoria se deben de evaluar las distantes comorbiliades que presenten estos pacientes. Además, el escenario clínico en el que se presenten los eventos puede ser determinante. En el manejo transoperatorio es vital mantener la estabilidad hemodinámica, evitar la hipotensión y procurar ir realizando una reanimación basada en metas.

El catéter espinal pareciera ser útil al emplearse en conjunto con otras estrategias de protección medular. Si se coloca el catéter, pero se descuida la hemodinamia general del paciente o si el paciente presenta sangrado mayor durante el transoperatorio y no se toman las acciones pertinentes se podría perpetuar un proceso de hipoperfusión generalizada y poner en riesgo la médula espinal. No se debe perder de vista la complejidad de la perfusión medular.

El estudio de la fisiopatología de la isquemia medular concluye que su causa es multifactorial. Los períodos prolongados de hipotensión, pequeños eventos microtrombóticos a nivel de las arterias medulares, sangrado excesivo, entre otros; pueden explicar la lesión isquémica. Al ser multifactorial el uso único del catéter espinal dejaría de lado el resto de los factores. Por lo que se deben mantener el resto de mediadas de protección medular para brindar un cuidado general.

## Conclusiones

- Los aneurismas de aorta torácica representan aproximadamente el 25% de todos los aneurismas de aorta y los aneurismas de aorta toracoabdominal representan menos del 5%. El criterio de diagnóstico para un aneurisma incluye un diámetro  $> 5\text{cm}$  para la aorta ascendente, y  $> 4\text{cm}$  para la aorta abdominal o cuando existe un aumento de 1.5 veces en el diámetro normal de la pared aórtica. (Standring, 2016)
- Los síndromes aórticos agudos son un conjunto de eventos que incluyen: la disección aórtica aguda, la úlcera penetrante y el hematoma intramural. Tienen en común la disrupción de la capa interna de la aorta; la capa íntima. (Bustamante & Juez (2016).
- El objetivo principal del tratamiento de los aneurismas aórticos es prevenir su ruptura. Por vía endovascular, el objetivo es excluir de la circulación el aneurisma con una endoprótesis y, por vía quirúrgica, resecarlo y reemplazar la aorta por un injerto.
- La posibilidad de realizar un abordaje endovascular (TEVAR) reduce el impacto fisiológico en los pacientes. Se recomienda este abordaje para el tratamiento electivo de aneurismas de la aorta torácica descendente por su menor morbilidad, menor estadía postoperatoria y disminución de la mortalidad a corto plazo. (AbuRahma et al., 2022).
- La irrigación arterial de la médula espinal es muy compleja. La distribución espacial del flujo sanguíneo tiene como fin la perfusión a la totalidad de la misma y debe garantizar un flujo continuo y sin interrupciones. Los circuitos de colaterales que irrigan la médula espinal son provenientes de la arteria subclavia izquierda, las arterias intercostales, las arterias lumbares y las arterias hipogástricas (ilíacas internas). La arteria espinal anterior se considera un vaso ininterrumpido que une a las arterias vertebrales, la arteria radicular mayor, las intercostales posteriores y las arterias lumbares. (Melissano et al., 2015) Existe una correlación positiva entre la oclusión de alguna de estas y la incidencia de isquemia (Marturano et al., 2022).
- La presión de perfusión medular ó espinal está dada por la diferencia entre la presión arterial media (PAM) y la presión intraespinal (PIE). ( $\text{PPM} = \text{PAM} - \text{PIE}$ ). La PIE está determinada por la presión de líquido cefalorraquídeo.
- La fisiopatología de la lesión isquémica medular luego de TEVAR es multifactorial y no está completamente dilucidada por lo que las medidas preventivas deben ser multimodales de igual manera. Se sugiere que las alteraciones en la circulación

colateral tienen mayor relevancia en la etiología de la lesión que la oclusión de la misma arteria de Adamkiewics.

- Los factores de alto riesgo para lesión isquémica medular son los siguientes: lesión extensa de más de 20 cm, una prótesis endovascular previa (EVAR), perfusión pélvica disminuida con oclusión o enfermedad de las arterias ilíacas bilaterales, hipotensión e inestabilidad hemodinámica, arterias vertebrales enfermas, cuando hay cobertura de la arteria subclavia izquierda o cuando el cirujano lo considere de alto riesgo (AbuRahma et al., 2022).
- El manejo transoperatorio y la preparación anestésica previa a una cirugía de reemplazo endovascular de aorta torácica son fundamentales para el éxito del procedimiento. La terapia guiada por metas hemodinámicas y estrategias proactivas para proteger la médula espinal contribuyen a la prevención y manejo de complicaciones. En conjunto buscan aumentar y mantener la presión de perfusión medular a partir del aumento de la presión arterial media o disminución de la presión intraespinal.
- La colocación de un catéter espinal para la monitorización de la presión de perfusión espinal (PPE) y drenaje de líquido cefalorraquídeo (LCR) podría ser una medida adecuada para proteger la médula espinal ante la isquemia (Arrate, 2020). El drenaje de LCR se considera un procedimiento efectivo para prevenir y tratar la lesión isquémica espinal luego de la reparación aórtica. Se sugiere la monitorización continua de LCR durante las primeras 24 a 72 horas luego del procedimiento.
- Dentro de los objetivos hemodinámicos se debe mantener la PAM arriba de 80 mmHg, una PIE menor de 10 - 12 mmHg con una PPM de 70 mmHg. (Grille, et. al., 2020). Se recomienda drenar de 10 a 20 ml de LCR si la presión se eleva por encima de 10 mmhg (Presión espinal meta entre 8 - 12 mmHg).
- La recomendación de la literatura es no sobrepasar la evacuación de 15 ml - 20 ml por hora o 350 ml día. En presencia de isquemia medular se podría aumentar el drenaje hasta 30 ml/hora o 60 ml en las primeras 3 horas.
- Las guías de la Sociedad Americana de Anestesia Regional (ASRA, por sus siglas en inglés) y la Sociedad Europea de Anestesia Regional y Terapia del Dolor (ESRA) dan recomendaciones sobre la anticoagulación y el tiempo prudente para abordar el eje neuroaxial. La colocación de un catéter espinal para drenaje de líquido cefalorraquídeo debe ser considerada con precaución en pacientes con ciertas condiciones y existen situaciones que prohíben el uso de los drenajes lumbares externos.

## Bibliografía

1. Narouze, S., Benzon, H. T., Provenzano, D. A., Buvanendran, A., De Andres, J., Deer, T. R., ... & Huntoon, M. A. (2015). Interventional spine and pain procedures in patients on antiplatelet and anticoagulant medications: guidelines from the American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine, the European Society of Regional Anaesthesia and Pain Therapy, the American Academy of pain Medicine, the international Neuromodulation Society, the north American Neuromodulation Society, and the world Institute of Pain. *Regional Anesthesia & Pain Medicine*, 40(3), 182-212.
2. Kietai, S., Ferrandis, R., Godier, A., Llau, J., Lobo, C., Macfarlane, A. J., ... & Afshari, A. (2022). Regional anaesthesia in patients on antithrombotic drugs: Joint ESAIC/ESRA guidelines. *European Journal of Anaesthesiology* | EJA, 39(2), 100-132.
3. Niemantsverdriet, E., Struyfs, H., Duits, F., Teunissen, C. E., & Engelborghs, S. (2015). Techniques, contraindications, and complications of CSF collection procedures. *Cerebrospinal fluid in clinical neurology*, 35-57.
4. Kaye, A. D., Urman, R. D., & Vadivelu, N. (Eds.). (2012). *Essentials of regional anesthesia* (pp. 139-40). New York: Springer.
5. Koda, Y., Yamanaka, K., Omura, A., Gentsu, T., Yamaguchi, M., & Okada, K. (2022). Spinal cord ischemia after elective endovascular abdominal aortic aneurysm repair in a patient with multiple occlusions of the intercostal and internal iliac arteries. *Journal of Vascular Surgery Cases, Innovations and Techniques*, 8(3), 447-449.
6. Authors/Task Force members, Erbel, R., Aboyans, V., Boileau, C., Bossone, E., Bartolomeo, R. D., ... & Kravchenko, I. (2014). 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Aortic Diseases of the European Society of Cardiology (ESC). *European heart journal*, 35(41), 2873-2926.
7. Hernández, L. C., Bombin, J. R., Kotlik, A. J., & Poblete, A. G. (2021). Reparación endovascular de la aorta torácica, resultados a largo plazo. *Revista de cirugía*, 73(4), 437-444.
8. Dias-Neto, M., Reis, P. V., Rolim, D., Ramos, J. F., Teixeira, J. F., & Sampaio, S. (2017). Strategies to prevent TEVAR-related spinal cord ischemia. *Vascular*, 25(3), 307-315

9. Riambau, V., Capoccia, L., Mestres, G., & Matute, P. (2014). Spinal cord protection and related complications in endovascular management of B dissection: LSA revascularization and CSF drainage. *Annals of cardiothoracic surgery*, 3(3), 336.
10. Aucoin, V. J., Bolaji, B., Novak, Z., Spangler, E. L., Sutzko, D. C., McFarland, G. E., ... & Beck, A. W. (2021). Trends in the use of cerebrospinal drains and outcomes related to spinal cord ischemia after thoracic endovascular aortic repair and complex endovascular aortic repair in the Vascular Quality Initiative database. *Journal of Vascular Surgery*, 74(4), 1067-1078.
11. Wortmann, M., Böckler, D., & Geisbüsch, P. (2017). Perioperative cerebrospinal fluid drainage for the prevention of spinal ischemia after endovascular aortic repair. *Gefässchirurgie*, 22(2), 35-40.
12. Antonia Arrate, V., Ramírez, G., Jiménez, C., Contreras, F., González, M., & Maldonado, F. (2020). Catéter de drenaje de líquido cefalorraquídeo: usos, técnica y complicaciones para el anestesiólogo. *Rev Chil Anest*, 49, 824-835.
13. Perdomo, J. H. T., Charry, J. D., & Cerquera, J. A. S. (2016). Fisiología de la perfusión medular. *Revista Chilena de Neurocirugía*, 42(1), 8-11.
14. Marturano, F., Nisi, F., Giustiniano, E., Benedetto, F., Piccioni, F., & Ripani, U. (2022). Prevention of Spinal Cord Injury during Thoracoabdominal Aortic Aneurysms Repair: What the Anaesthesiologist Should Know. *Journal of Personalized Medicine*, 12(10), 1629.
15. Aziz F, Shishehbor MH, Jaff M, et al. The role of spinal cord protection in endovascular thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg*. 2013 Nov;58(5):1479-85. doi: 10.1016/j.jvs.2013.06.002
16. Zhang P, Jiang X, Lv G, et al. Prevention of spinal cord ischemia by cerebrospinal fluid drainage during thoracic endovascular aortic repair: a meta-analysis and systematic review. *J Vasc Surg*. 2014 Jul;60(1):149-59. doi: 10.1016/j.jvs.2013.11.072.
17. Preventza, O., Liao, J. L., Olive, J. K., Simpson, K., Critsinelis, A. C., Price, M. D., ... & Coselli, J. S. (2020). Neurologic complications after the frozen elephant trunk procedure: a meta-analysis of more than 3000 patients. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*, 160(1), 20-33.
18. Godet, G., Bertrand, M., Fléron, M. H., Goarin, J. P., Colson, P., Cardon, A., ... & Kieffer, E. (2017). Cerebrospinal fluid drainage and thoracic endovascular aneurysm repair. *Asian Cardiovascular and Thoracic Annals*, 25(9), 608-617.
19. AbuRahma, A. F., Avgerinos, E. D., Chang, R. W., Darling III, R. C., Duncan, A. A., Forbes, T. L., ... & Zhou, W. (2022). Society for Vascular Surgery clinical practice

guidelines for management of extracranial cerebrovascular disease. *Journal of vascular surgery*, 75(1), 4S-22S.

20. Khan, N. R., Smalley, Z., Nesvick, C. L., Lee, S. L., & Michael, L. M. (2016). The use of lumbar drains in preventing spinal cord injury following thoracoabdominal aortic aneurysm repair: an updated systematic review and meta-analysis. *Journal of Neurosurgery: Spine*, 25(3), 383-39
21. Li, G., Zhang, Y., Zhao, J., Han, Z., Zhu, X., & Hou, K. (2016). Some cool considerations of external lumbar drainage during its widespread application in neurosurgical practice: a long way to go. *Chinese Neurosurgical Journal*, 2(02), 117-124.
22. Kitpanit, N., Ellozy, S. H., Connolly, P. H., Agrusa, C. J., Lichtman, A. D., & Schneider, D. B. (2021). Risk factors for spinal cord injury and complications of cerebrospinal fluid drainage in patients undergoing fenestrated and branched endovascular aneurysm repair. *Journal of Vascular Surgery*, 73(2), 399-409.
23. Grabenwöger, M., Alfonso, F., Bachet, J., Bonser, R., Czerny, M., Eggebrecht, H., ... & Erbel, R. (2012). Thoracic Endovascular Aortic Repair (TEVAR) for the treatment of aortic diseases: a position statement from the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) and the European Society of Cardiology (ESC), in collaboration with the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI). *European heart journal*, 33(13), 1558-1563.
24. Chatterjee, S., Preventza, O., Orozco-Sevilla, V., & Coselli, J. S. (2021). Perioperative management of patients undergoing thoracic endovascular repair. *Annals of cardiothoracic surgery*, 10(6), 768.
25. Bustamante-Munguira, J., & Juez, M. (2016). Síndrome aórtico agudo. *Cirugía Cardiovascular*, 23(1), 38-44.
26. Miranda, V., Sousa, J., & Mansilha, A. (2018). Spinal cord injury in endovascular thoracoabdominal aortic aneurysm repair: prevalence, risk factors and preventive strategies. *International Angiology: a Journal of the International Union of Angiology*, 37(2), 112-126.)
27. Melissano, G., Bertoglio, L., Rinaldi, E., Leopardi, M., & Chiesa, R. (2015). An anatomical review of spinal cord blood supply. *Journal of Cardiovascular Surgery*, 56(5), 699-706
28. Colman, M. W., Hornicek, F. J., & Schwab, J. H. (2015). Spinal cord blood supply and its surgical implications. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 23(10), 581-591.

29. Marturano, F., Nisi, F., Giustiniano, E., Benedetto, F., Piccioni, F., & Ripani, U. (2022). Prevention of Spinal Cord Injury during Thoracoabdominal Aortic Aneurysms Repair: What the Anaesthesiologist Should Know. *Journal of Personalized Medicine*, 12(10), 1629
30. Kemp, C. M., Feng, Z., Aftab, M., & Reece, T. B. (2021). Preventing spinal cord injury following thoracoabdominal aortic aneurysm repair: the battle to eliminate paraplegia. *JTCVS techniques*, 8, 11-15.
31. Shimizu, H., Mori, A., Yoshitake, A., Yamada, T., Morisaki, H., Okano, H., & Yozu, R. (2014). Thoracic and thoracoabdominal aortic repair under regional spinal cord hypothermia. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, 46(1), 40-43.
32. Grille, P., Salle, F., & Biestro, A. (2020). Drenaje lumbar externo en la unidad de cuidados intensivos. Actualización y guía de manejo clínico. *Revista Médica del Uruguay*, 36(4), 156-184.
33. Altermatt, F., De La Cuadra, J. C., Kychenthal, C., Irrarázaval, M. J., & Lacassie, H. (2023). Anestesia espinal parte IV. Técnica de la anestesia espinal y sus variaciones. *Números*, (1), 2022.
34. Banga, P. V., Oderich, G. S., Reis de Souza, L., Hofer, J., Cazares Gonzalez, M. L., Pulido, J. N., ... & Gloviczki, P. (2016). Neuromonitoring, cerebrospinal fluid drainage, and selective use of iliofemoral conduits to minimize risk of spinal cord injury during complex endovascular aortic repair. *Journal of Endovascular Therapy*, 23(1), 139-149
35. Drake, R. L., Mitchell, A. M., & Vogl, A. W. (2020). *Gray. Anatomía para estudiantes*. Elsevier Health Sciences.
36. Standring, S. (2016). *Gray's Anatomy (41st ed.)*. Edinburgh: Elsevier Churchill Livingston
37. Moore, K. L., Dalley, A. F., & Agur, A. M. R. (2014). *Clinically Oriented Anatomy (7th ed.)*. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.
38. Moore, K. L., & Dalley, A. F. (2018). *Clinically oriented anatomy*. Wolters kluwer india Pvt Ltd.
39. Singh, V. (2014). *Anatomy of upper limb and thorax; Volume III*. London: Elsevier Health Sciences APAC
40. Kitpanit, N., Ellozy, S. H., Connolly, P. H., Agrusa, C. J., Lichtman, A. D., & Schneider, D. B. (2021). Risk factors for spinal cord injury and complications of cerebrospinal fluid drainage in patients undergoing fenestrated and branched endovascular aneurysm repair. *Journal of Vascular Surgery*, 73(2), 399-409.

41. Patel HJ, Williams DM, Upchurch GR Jr, et al. Aortic surgery in the current era: the 27th Michael E. DeBakey Lecture. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2014 Winter;26(4):269-80. doi: 10.1053/j.semtcvs.2014.09.006.
42. Upchurch Jr, G. R., Escobar, G. A., Azzizadeh, A., Beck, A. W., Conrad, M. F., Matsumura, J. S., ... & Wang, G. J. (2021). Society for Vascular Surgery clinical practice guidelines of thoracic endovascular aortic repair for descending thoracic aortic aneurysms. *Journal of vascular surgery*, 73(1), 55S-83S.
43. Etz, C. D., Weigang, E., Hartert, M., Lonn, L., Mestres, C. A., Di Bartolomeo, R., ... & Czerny, M. (2015). Contemporary spinal cord protection during thoracic and thoracoabdominal aortic surgery and endovascular aortic repair: a position paper of the vascular domain of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery. *European journal of cardio-thoracic surgery*, 47(6), 943-957.
44. Malloy, P. C., Raghavan, A., Elder, T., Wright, J., Wright, C. H., Burant, C., ... & Hoffer, A. (2020). Cerebrospinal fluid drainage during endovascular aortic aneurysm repair: a systematic review of the literature and treatment recommendations. *Vascular and Endovascular Surgery*, 54(3), 205-213.
45. Spratt, J. R., Walker, K. L., Wallen, T. J., Neal, D., Zsimevich, Y., Arnaoutakis, G. J., ... & Beaver, T. M. (2022). Safety of Cerebrospinal Fluid Drainage for Spinal Cord Ischemia Prevention in Thoracic Endovascular Aortic Repair. *JTCVS Techniques*.
46. Epstein, N. E. (2018). Cerebrospinal fluid drains reduce risk of spinal cord injury for thoracic/thoracoabdominal aneurysm surgery: a review. *Surgical Neurology International*, 9
47. Song, S., Song, S. W., Kim, T. H., Lee, K. H., & Yoo, K. J. (2017). Effects of preemptive cerebrospinal fluid drainage on spinal cord protection during thoracic endovascular aortic repair. *Journal of thoracic disease*, 9(8), 2404
48. Tshomba, Y., Leopardi, M., Mascia, D., Kahlberg, A., Carozzo, A., Magrin, S., ... & Chiesa, R. (2017). Automated pressure-controlled cerebrospinal fluid drainage during open thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *Journal of vascular surgery*, 66(1), 37-44
49. Kotelis, D., Bianchini, C., Kovacs, B., Müller, T., Bischoff, M., & Böckler, D. (2015). Early experience with automatic pressure-controlled cerebrospinal fluid drainage during thoracic endovascular aortic repair. *Journal of Endovascular Therapy*, 22(3), 368-372.
50. Niemantsverdriet, E., Engelborghs, S., Struyfs, H., Blennow, K., Brouns, R., Comabella, M., ... & Teunissen, C. E. (2015). Consensus guidelines to perform lumbar

puncture for CSF sampling in patients with neurological conditions. *Alzheimer's & Dementia: The Journal of the Alzheimer's Association*, 7(11), P384.

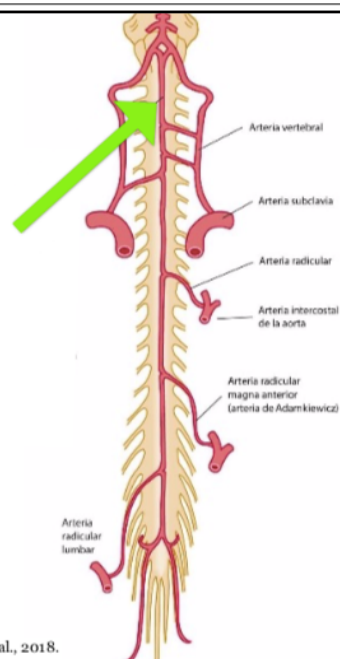
51. Tena-Suck, M. L. (2018). Líquido cefalorraquídeo. *Patología Revista Latinoamericana [revista en internet]*, 56(4), 281-87.
52. Jiménez, C. E., Correa, J. R., & Burgos, R. (2013). Conversión tardía de una endoprótesis aórtica a cirugía abierta: ¿ se debe extraer toda la endoprótesis?. *Revista Colombiana de Cirugía*, 28(1), 48-53.
53. Vargas-Pérez, O., Mateus, L. C., Mantilla-García, D. E., Galvis-Méndez, M., Valenzuela-Santos, C., Vera-Camargo, D. D., ... & Reyes-González, A. L. Incidencia de endofugas en pacientes con aneurismas de aorta abdominal infrarrenal intervenidos con técnica endovascular.
54. Dos Santos Poleo, D. Y. V., Pérez Sánchez, D. L. I., González Matos, D. J. C., Gutierrez Vázquez, D. J., Vargas Díaz, D. A., & Rodriguez Recio, D. F. J. (2021). Endofugas de endoprótesis aórtica: clasificación y protocolos de estudio.
55. Criado, F. J. (2014). La morfología del aneurisma importa: sacular versus fusiforme. *Angiología*, 66(4), 215-217.
56. Lozano-Sánchez, Francisco S, Torres-Hernández, José A, Carnicero-Martínez, José A, & Salvador-Calvo, Roberto. (2022). Protocolo diagnóstico y terapéutico de los aneurismas de la aorta torácica. *Angiología*, 74(5), 227-233. Epub 21 de noviembre de 2022
57. Tenorio, E. R., Dias-Neto, M. F., Lima, G. B. B., Estrera, A. L., & Oderich, G. S. (2021). Endovascular repair for thoracoabdominal aortic aneurysms: current status and future challenges. *Annals of cardiothoracic surgery*, 10(6), 744.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Ficha técnica - Flujograma

### Arteria Espinal Anterior

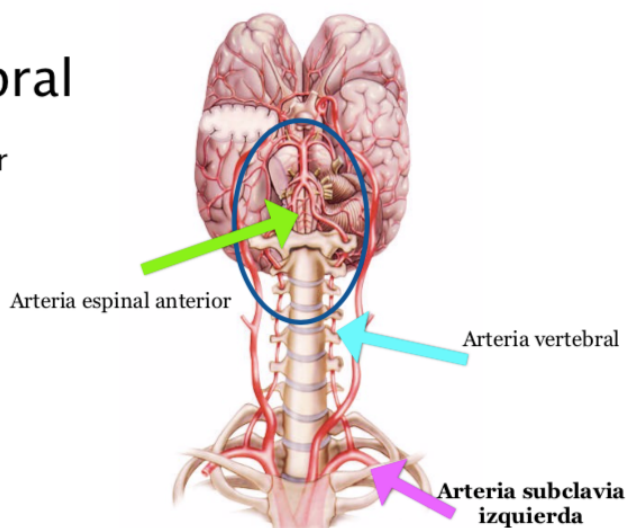
- Irriga 2/3 anteriores de la médula.
- Afluentes:
  - ✦ Arterias torácicas radicales T4 - T5
  - ✦ Arterias intercostales
  - ✦ Arteria radiculomedular mayor
  - ✦ Arterias ilíacas internas
  - ✦ Arterias lumbares
  - ✦ Circulación colateral



Godet et al., 2017 - Miranda et al., 2018.

### Arteria vertebral

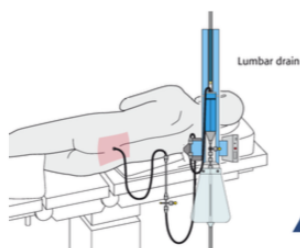
Irrigación superior



Melissano et al., 2015

PAM + 110 - 115 mmHg

### Sistema de drenaje



"Cero" a nivel axilar



Receptáculo no colapsable



LiquioGard -7

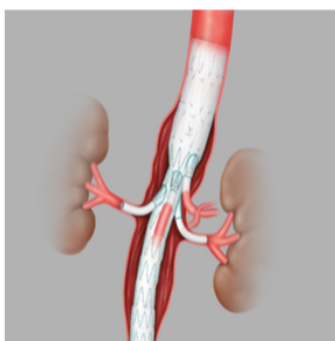
## Anexo 2. Evaluación de sistemas orgánicos mayores

**Table 1**

**Evaluation of major organ systems, management goals and interventions**

Organ system	Management goal	Diagnostic and therapeutic interventions
General	Normothermia	Warmed intravenous fluids, patient-warming devices
Neurological: brain	Early recognition of focal deficits	Diagnostic imaging when appropriate; neurology ± neurosurgery consultation
Neurological: spinal cord	Mean arterial blood pressure 85–100 mmHg	Volume resuscitation; vasopressors (norepinephrine, vasopressin); vasodilators (nicardipine, esmolol, labetalol)
	CSF drainage <15 mmHg	CSF pressure checks hourly with drainage (<10 mL/h); frequent exam checks
	Movement of lower extremity	If paraplegia is suspected, delayed-paraplegia algorithm initiation
Pulmonary	Ventilator management	Lung-protective ventilator settings (VT <6 mL/kg PBW, PEEP 8–10 mmHg); noninvasive alternatives to mechanical ventilation (high-flow oxygen, bi-level positive airway pressure)
Cardiovascular	Adequate cardiac output (CI >2.2 L/min/m <sup>2</sup> )	Volume resuscitation; satisfactory hemodynamics (CVP 8–12 mmHg); satisfactory pulmonary artery diastolic pressure (12–16 mmHg) or POCUS; inotropes (epinephrine, dobutamine)
	Maintenance of sinus rhythm	Correction of electrolytes (K, Mg); antiarrhythmic therapy with amiodarone; low threshold for direct current cardioversion; systemic anticoagulation if CSF drain removed
Renal	Adequate volume resuscitation	Assessment of hemodynamics, urine output, base deficit, serum lactate
	Reduction of risk for acute kidney injury	Satisfactory hemodynamics; multidisciplinary rounding with pharmacy; avoidance of nephrotoxins, intravenous contrast, hyperglycemia; avoidance of peripherally inserted central catheters and subclavian lines
Gastrointestinal	Prevention of stress	Stress ulcer prophylaxis

### Modelos de prótesis



Adapted from  
pressure; POCUS, p

tral venous  
y pressure;

## **Anexo 3. Imágenes complementarias**

