

# Prévention du risque d'ischémie médullaire

*Philippe Piquet, Jean-Michel Bartoli*

*Services de Chirurgie Vasculaire et d'imagerie médicale  
Hôpital de la Timone, Marseille*

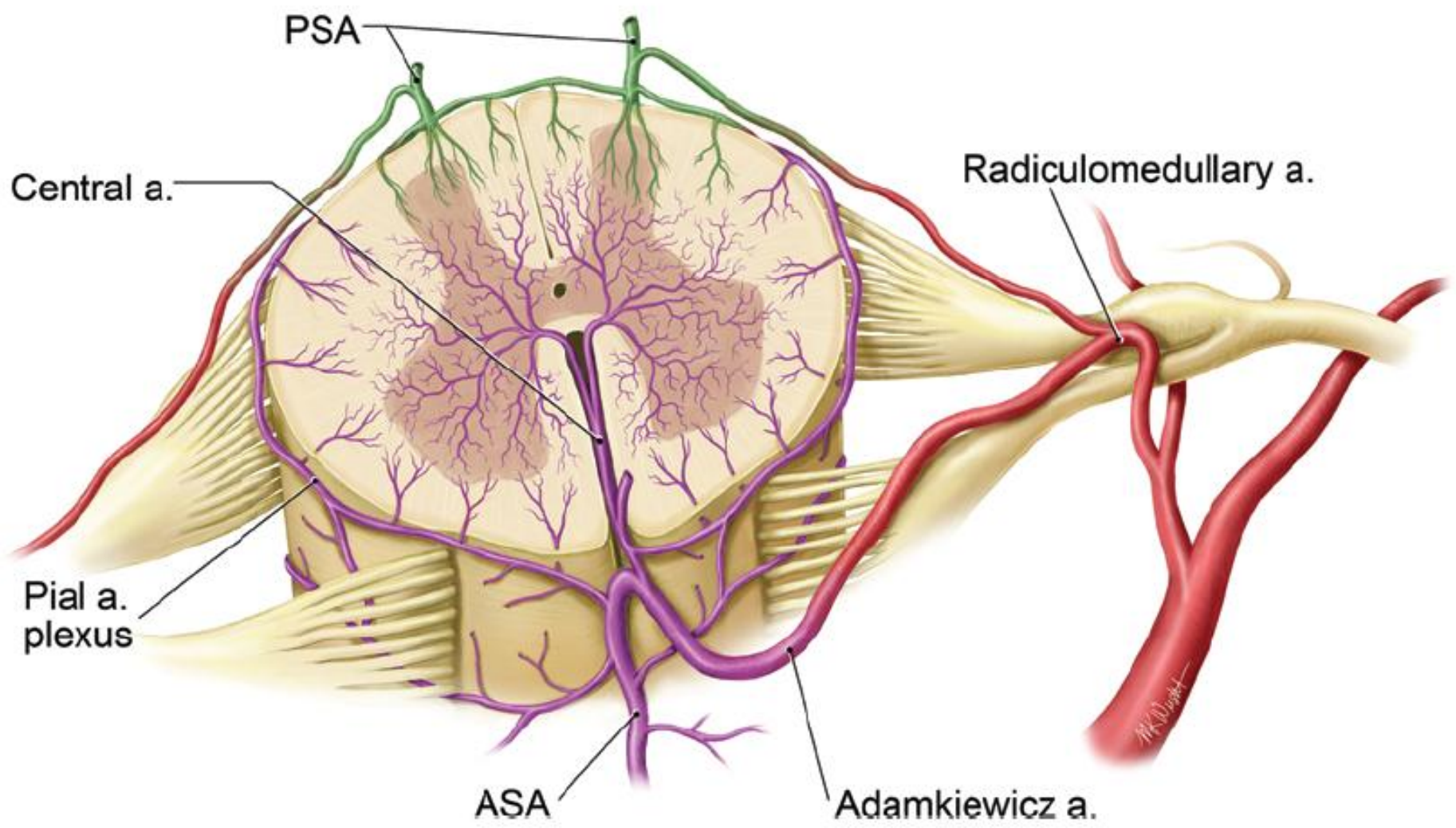
# Ischémie médullaire après TEVAR

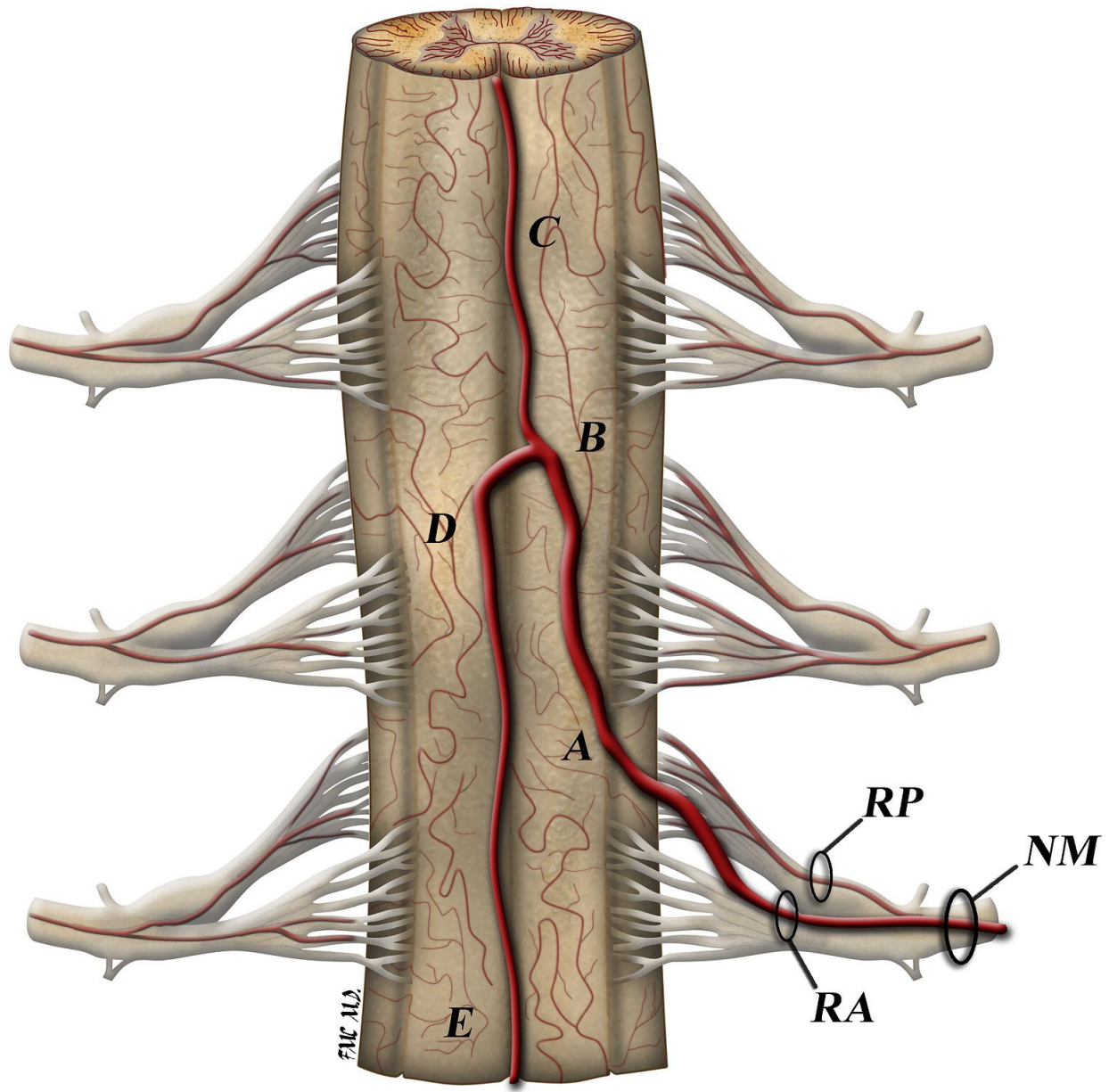
- L'ischémie médullaire (IM) est une complication préoccupante
- Incidence : 0 à 13.3 %\*
- Facteurs de risque\*\* :
  - Longueur des lésions traitées
  - AAT dégénératif
  - Hypotension péri-opératoire
  - Traitement antérieur d'un AAA
  - I. rénale chronique
  - Sacrifice de collatérales (ASCG, AH)

\*Rizvi et al. *J Vasc Surg (Suppl. Oct 2010)*

\*\*Registre EUROSTAR







# Embryonic

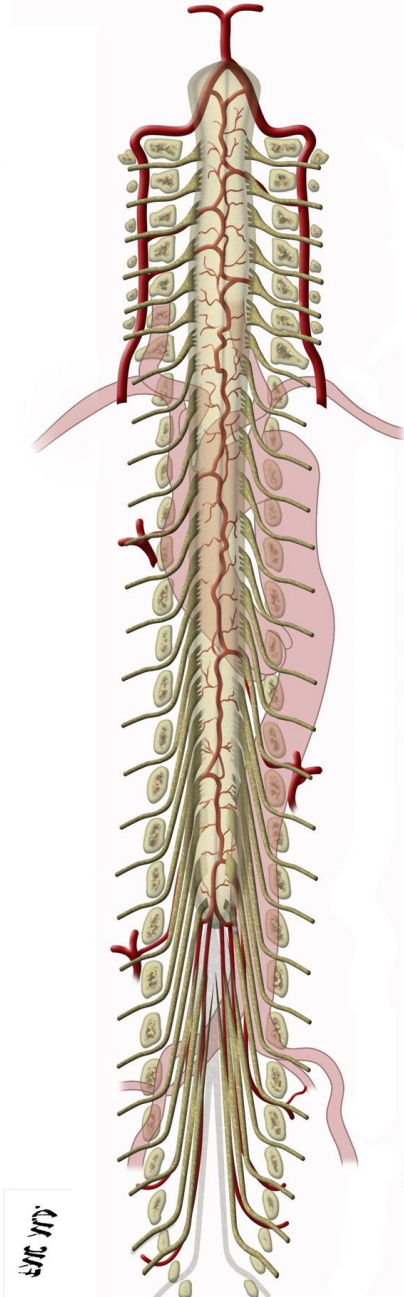
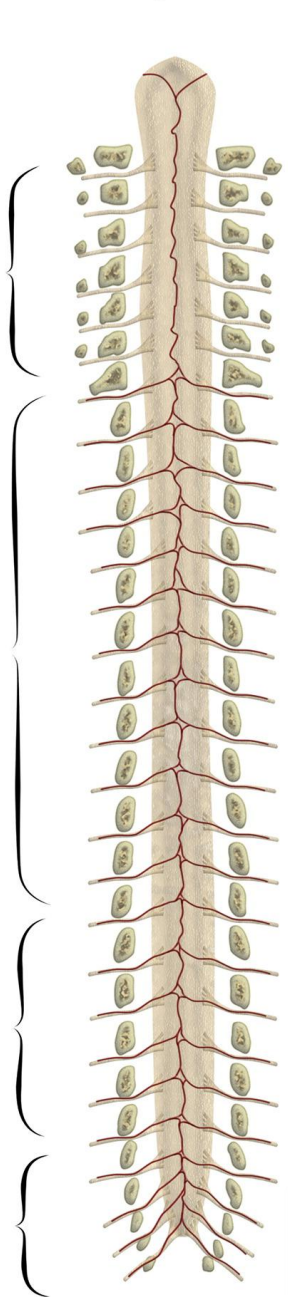
# Adult

Cervical

Thoracic

Lumbar

Sacral



2-3  
L = R

2-3  
L > R

0-1  
L > R

Tot.

6  
L > R

C1
C2
C3
C4
C5
C6
C7
T1
T2
T3
T4
T5
T6
T7
T8
T9
T10
T11
T12
L1
L2
L3
L4
L5

### The collateral network concept: A reassessment of the anatomy of spinal cord perfusion

Christian D. Etz, MD, PhD,<sup>a,c</sup> Fabian A. Kari, MD,<sup>a,d</sup> Christoph S. Mueller, MD,<sup>a</sup> Daniel Silovitz, MS,<sup>a</sup> Robert M. Brenner, MS,<sup>a</sup> Hung-Mo Lin, PhD,<sup>b</sup> and Randall B. Griep, MD<sup>a</sup>

**Objective:** Prevention of paraplegia after repair of thoracoabdominal aortic aneurysm requires understanding the anatomy and physiology of the spinal cord blood supply. Recent laboratory studies and clinical observations suggest that a robust collateral network must exist to explain preservation of spinal cord perfusion when segmental vessels are interrupted. An anatomic study was undertaken.

**Methods:** Twelve juvenile Yorkshire pigs underwent aortic cannulation and infusion of a low-viscosity acrylic resin at physiologic pressures. After curing of the resin and digestion of all organic tissue, the anatomy of the blood supply to the spinal cord was studied grossly and with light and electron microscopy.

**Results:** All vascular structures at least 8  $\mu\text{m}$  in diameter were preserved. Thoracic and lumbar segmental arteries give rise not only to the anterior spinal artery but to an extensive paraspinous network feeding the erector spinae, iliopsoas, and associated muscles. The anterior spinal artery, mean diameter  $134 \pm 20 \mu\text{m}$ , is connected at multiple points to repetitive circular epidural arteries with mean diameters of  $150 \pm 26 \mu\text{m}$ . The capacity of the paraspinous muscular network is 25-fold the capacity of the circular epidural arterial network and anterior spinal artery combined. Extensive arterial collateralization is apparent between the intraspinal and paraspinous networks, and within each network. Only 75% of all segmental arteries provide direct anterior spinal artery–supplying branches.

**Conclusions:** The anterior spinal artery is only one component of an extensive paraspinous and intraspinal collateral vascular network. This network provides an anatomic explanation of the physiological resiliency of spinal cord perfusion when segmental arteries are sacrificed during thoracoabdominal aortic aneurysm repair. (*J Thorac Cardiovasc Surg* 2011;141:1020-8)

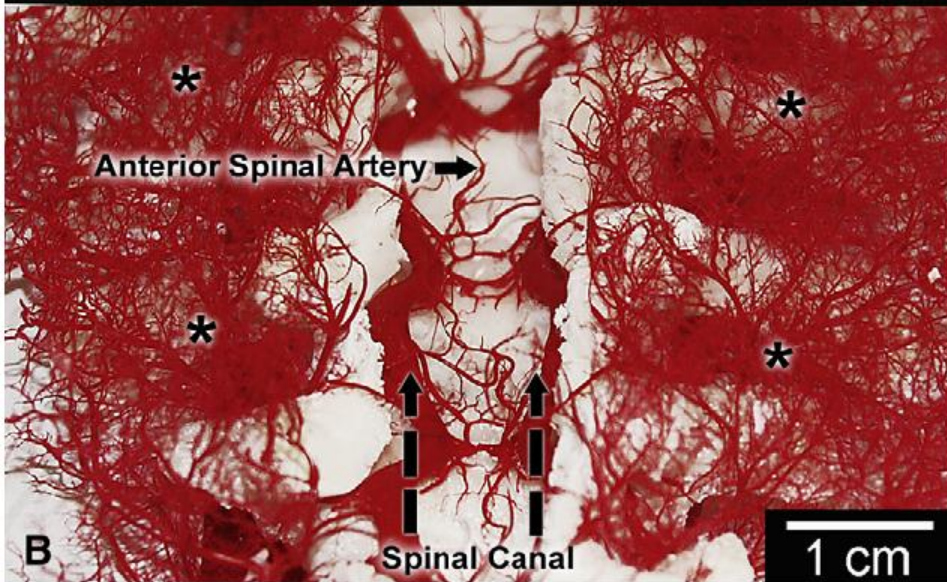
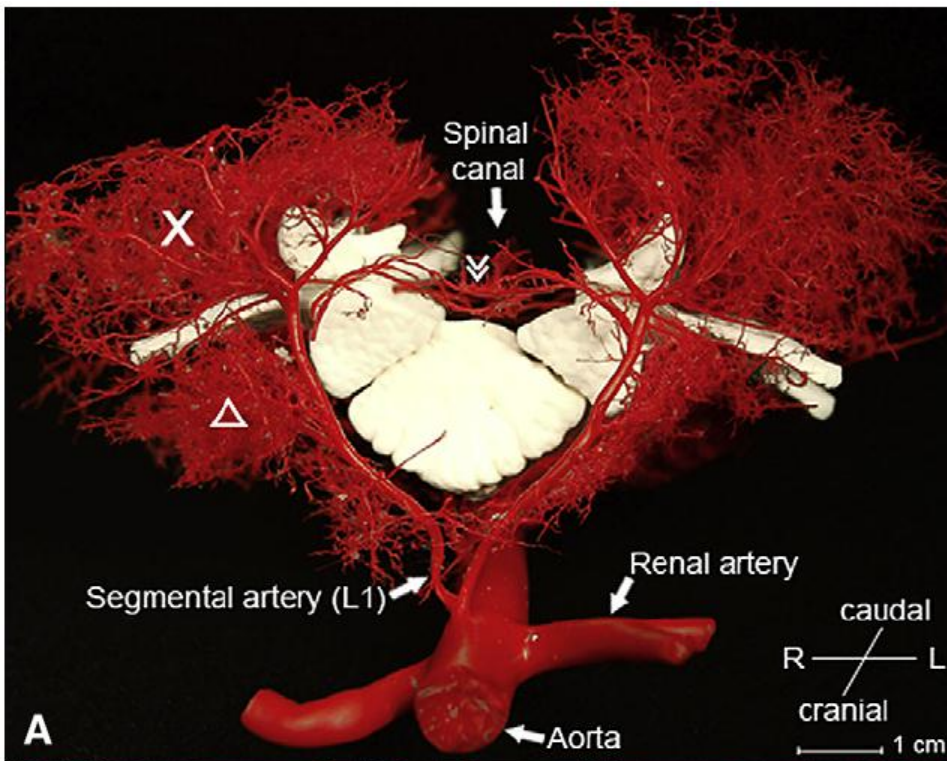
A thorough understanding of the anatomy of the blood supply of the spinal cord appears essential for developing optimal

(SA) in the lower thoracic or upper lumbar region with a characteristic hairpin turn, which is now often referred to

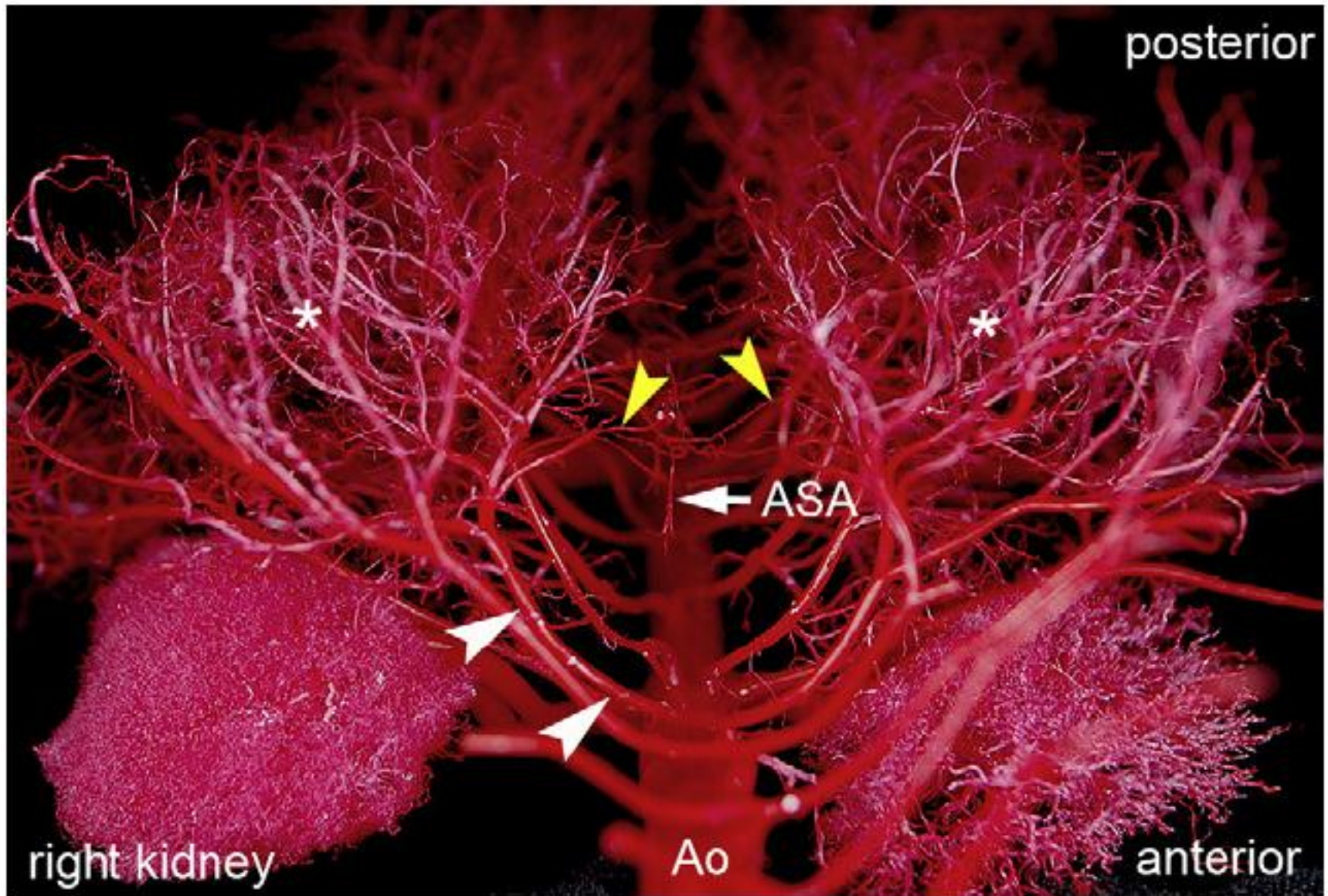
# Collateral Network Concept (R. Griepp)

- Réseau axial de petites artères
  - Canal rachidien
  - Tissus péri-vertébraux
  - Muscles para-spinaux
- Anastomose avec les artères médullaires

- Sources :
  - Artères segmentaires
  - Artères sous-clavières
  - Artères hypogastriques
- Possibilités d'adaptation importantes quand une source est défaillante







## The collateral network concept: Remodeling of the arterial collateral network after experimental segmental artery sacrifice

Christian D. Etz, MD, PhD,<sup>a,c</sup> Fabian A. Kari, MD,<sup>a,d</sup> Christoph S. Mueller, MD,<sup>a</sup> Robert M. Brenner, MS,<sup>a</sup> Hung-Mo Lin, PhD,<sup>b</sup> and Randall B. Griep, MD<sup>a</sup>

**Objective:** A comprehensive strategy to prevent paraplegia after open surgical or endovascular repair of thoracoabdominal aortic aneurysms requires a thorough understanding of the response of the collateral network to extensive segmental artery sacrifice.

**Methods:** Ten Yorkshire pigs underwent perfusion with a low-viscosity acrylic resin. With the use of cardiopulmonary bypass, 2 animals each were perfused in the native state and immediately, 6 hours, 24 hours, and 5 days after sacrifice of all segmental arteries (T4–L5). After digestion of surrounding tissue, the vascular cast of the collateral network underwent analysis of arterial and arteriolar diameters and the density and spatial orientation of the vasculature using light and scanning electron microscopy.

**Results:** Within 24 hours, the diameter of the anterior spinal artery had increased significantly, and within 5 days the anterior spinal artery and the epidural arterial network had enlarged in diameter by 80% to 100% ( $P < .0001$ ). By 5 days, the density of the intramuscular paraspinous vessels had increased ( $P < .0001$ ), a shift of size distribution from small to larger arterioles was seen ( $P = .0002$ ), and a significant realignment of arterioles parallel to the spinal cord had occurred ( $P = .0005$ ).

**Conclusions:** Within 5 days after segmental artery occlusion, profound anatomic alterations in the intraspinal and paraspinous arteries and arterioles occurred, providing the anatomic substrate for preservation of spinal cord blood flow via collateral pathways. (*J Thorac Cardiovasc Surg* 2011;141:1029-36)

Recent clinical studies have suggested that a significant proportion of the increasingly uncommon, but still tragic, cases of paraplegia and paraparesis after thoracoabdominal aortic aneurysm (TAAA) repair are no longer apparent immediately, but occur postoperatively.<sup>1-3</sup> The probability of delayed spinal cord injury seems to decrease as the interval

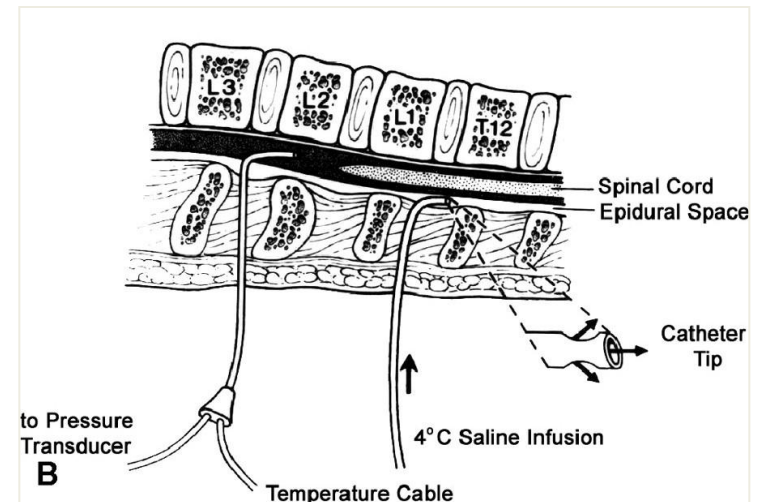
circulation of the spinal cord, the paravertebral tissues, and the skeletal muscles of the back both axially and transversely is described. Our hypothesis is that the anatomic changes that occur after the sacrifice of the SA input into this network provide a robust blood supply based on input from extrasegmental sources within a few days. The current study demon-

# Implications cliniques

- La vulnérabilité de la moelle est maximale dans les heures qui suivent la perte des collatérales
- L'augmentation de la pression de perfusion médullaire doit être effective pendant quelques jours seulement
- Eviter les phénomènes de vol de la moelle vers les muscles para-spinaux
- Augmenter la PAM
- Drainage LCR

# Prévention de l'ischémie médullaire

- $PPM = PAM - PLCR$
- La prévention de l'IM repose sur le maintien d'une pression de perfusion médullaire **> 60 mmHg**
  - Maintien d'une PAM > 80-90 mmHg
  - Drainage du LCR (pression < 10 mmHg)



# Physiopathologie de l'ischémie médullaire

## OPEN

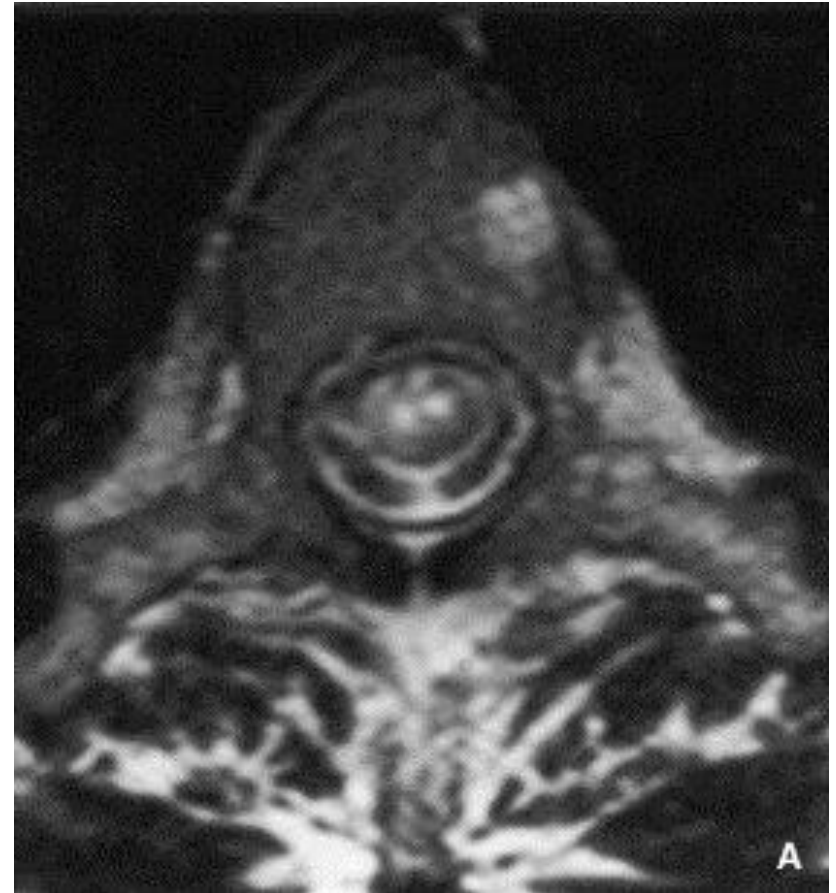
- Clampage-déclampage
- Pression de perfusion médullaire :
  - Pression artérielle proximale
  - Pression aortique distale
  - Pression du LCR
- Lésions de reperfusion
- Etendue de la ligature des artères segmentaires

## TEVAR

- Couverture aortique : perte des artères intercostales
- La préservation de la vascularisation médullaire dépend de la qualité de la suppléance

# Ischémie médullaire après TEVAR

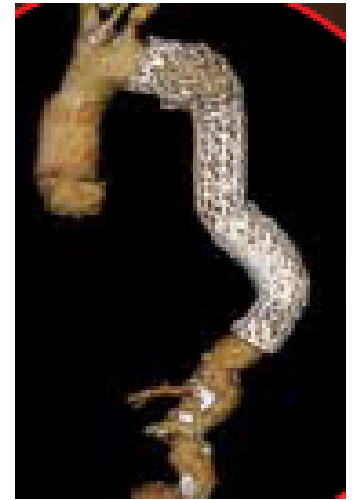
- Analyse de notre expérience portant sur 5 ans (2000-2005) : incidence de l'IM et recherche des facteurs de risque
- Evolution de la prise en charge (2006-2012)



# Patients et méthodes (2000-2005)

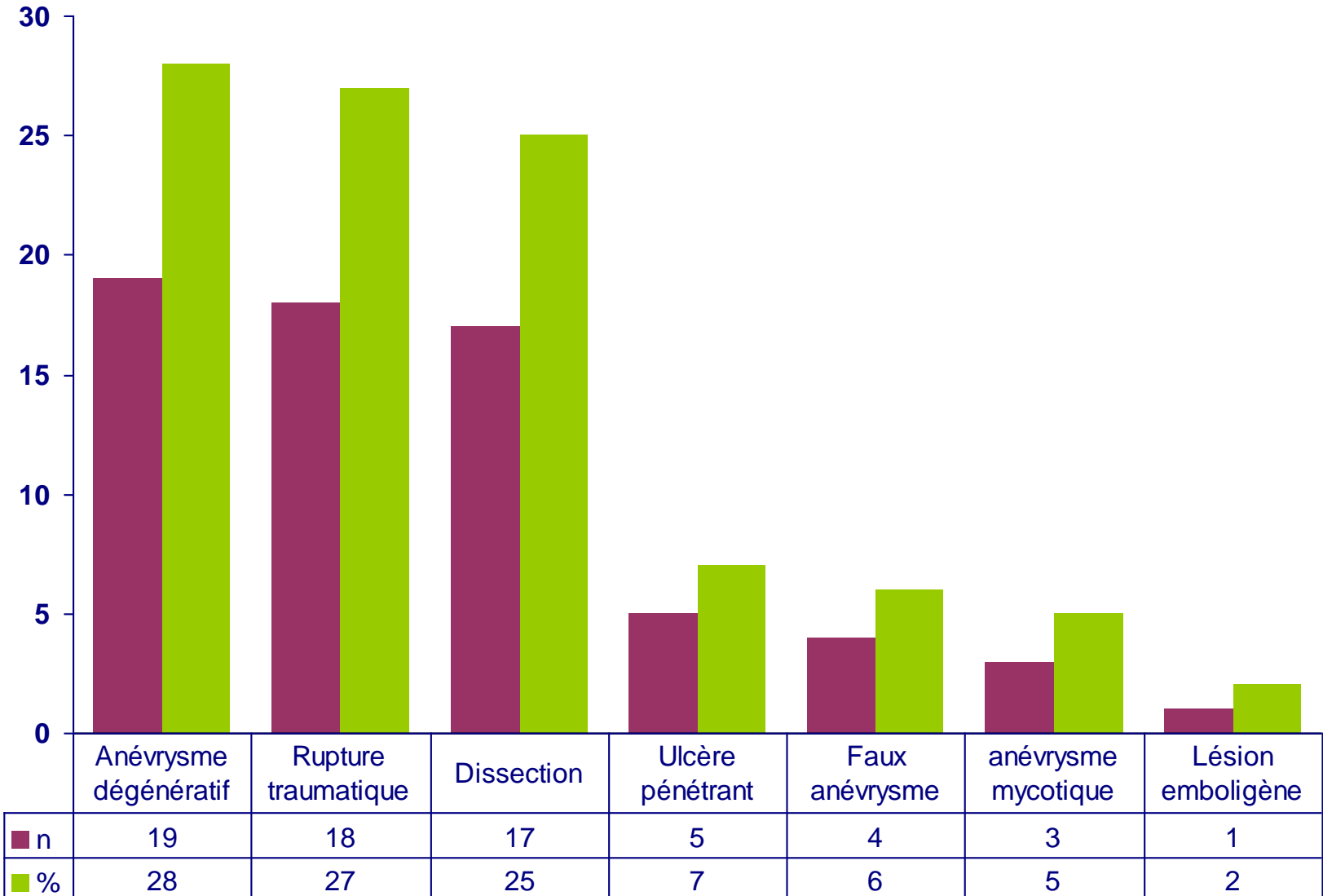


- Étude rétrospective avec recueil prospectif des données
- 67 patients consécutifs entre juin 2000 et juin 2005
- 54 hommes, 13 femmes
- Âge moyen : 66 ans (19-93 ans)
- 18 patients (28.9%) en urgence
- Aucune mesure de protection spécifique de l'IM
- Drainage du LCR chez les malades symptomatiques en post - procédure



# Lésions de l'aorte thoracique descendante

(67 patients)





# Ischémie médullaire : Facteurs de risque

---

## *Variables analysées, 67 patients*

### ❑ Données démographiques :

- Âge
- Genre

### ❑ Antécédents :

- Tabagisme
- HTA
- Diabète
- Coronaropathie
- I. rénale
- BPCO
- AAA opéré

### ❑ Maladie :

- Type de lésion
- Traitement électif ou urgent

### ❑ Procédure :

- Adaptation collets courts
- Couverture ASCG
- Couverture du tiers distal de l'ATD
- Longueur d'aorte couverte
- Nombre d'endoprothèses

# Résultats (67 patients)

---

*Ischémie médullaire = 5 patients (7.5%)*

- Déficit immédiat : 2 cas, déficit retardé : 3 cas
- Drainage LCR dès la survenue de symptômes
- Déficit :
  - Permanent : 3 cas (4.5%)
  - Régressif après drainage : 2 cas
- Déficit complet (paraplégie) : 3 cas
- Tous les cas sont survenus après traitement électif
- 2 patients sont décédés dans les 30 jours ayant suivi le traitement

# Ischémie médullaire : Facteurs de risque

## *Résultats (1)*

### ❑ Données démographiques

- Âge ( $p=0.18$ )
- Genre ( $p=1$ )

### ❑ Maladie :

- Type de lésion ( $p=0.35$ )
- Rupture ( $p=0.31$ )

### ❑ Antécédents

- HTA ( $p=0.06$ )
- Coronaropathie ( $p=0.06$ )
- Tabagisme ( $p=1$ )
- Diabète ( $p=1$ )
- I. rénale ( $p=0.57$ )
- BPCO ( $p=0.25$ )
- AAA opéré ( $p=1$ )

⇒ **Aucun facteur significatif**

# Ischémie médullaire : Facteurs de risque

## *Résultats (2)*

### □ Procédure

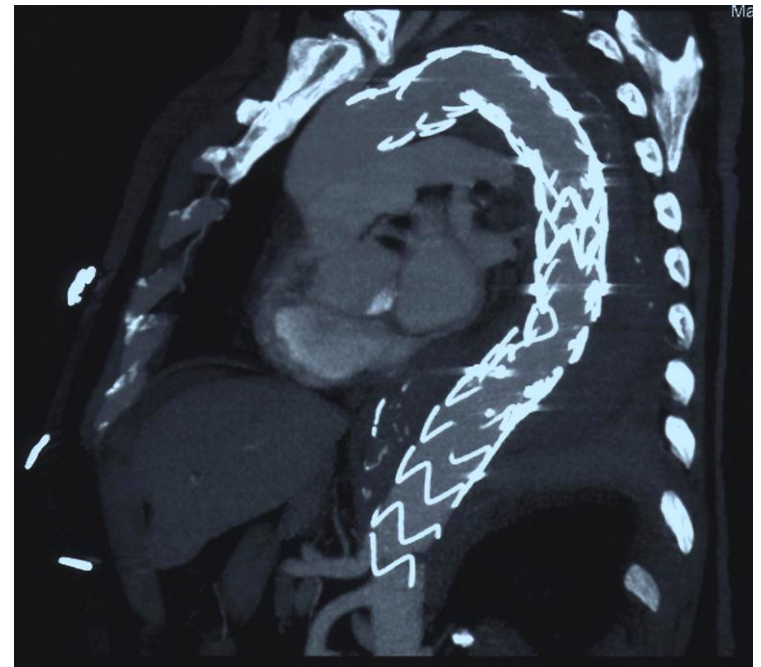
- Longueur d'aorte couverte (p<0.001)
- Nombre d'endoprothèses utilisées (p=0.02)
- Couverture du tiers distal de l'ATD (p=0.07)
- Adaptation de la zone d'ancrage proximale ou distale (p=0.33; p=1)
- Couverture de l'ASCG (p=0.52)

⇒ La longueur de la couverture aortique et le nombre d'endoprothèses sont significatifs

# Longueur de la couverture aortique

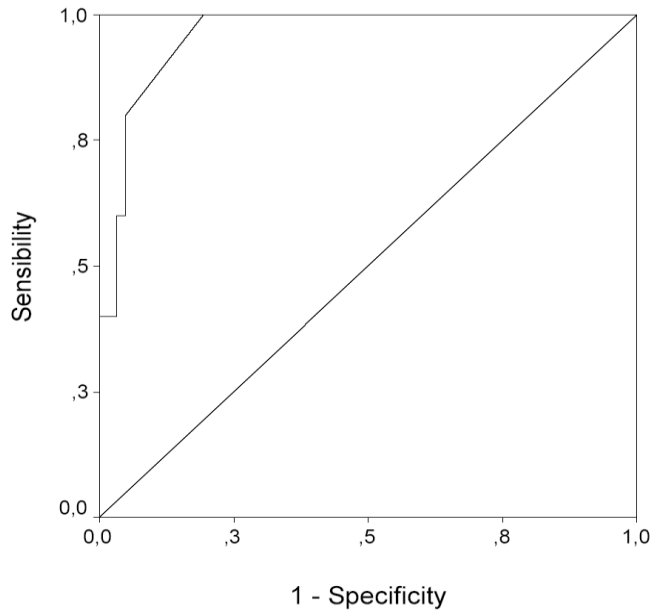
## *Résultats (3)*

- $261 \pm 67$  mm dans le groupe IM
- $142 \pm 42$  mm dans le groupe sans complication
- Seul FDR indépendant en analyse multivariée
- $RR=1.05$ ,  $IC=1.01-1.09$ ,  $p<0.001$

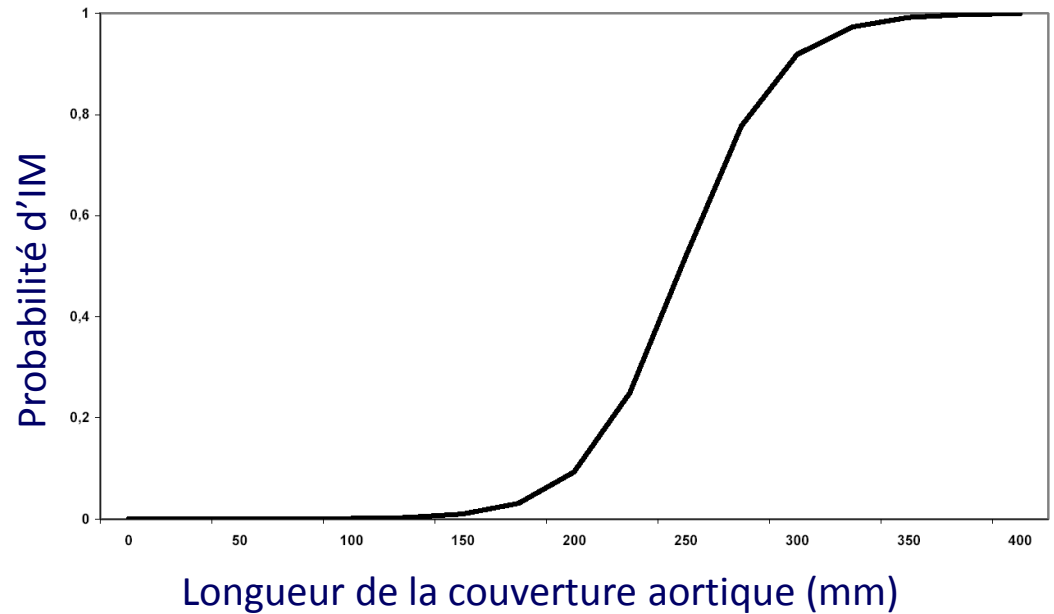


# Longueur de la couverture aortique

## Résultats (4)



Courbe ROC

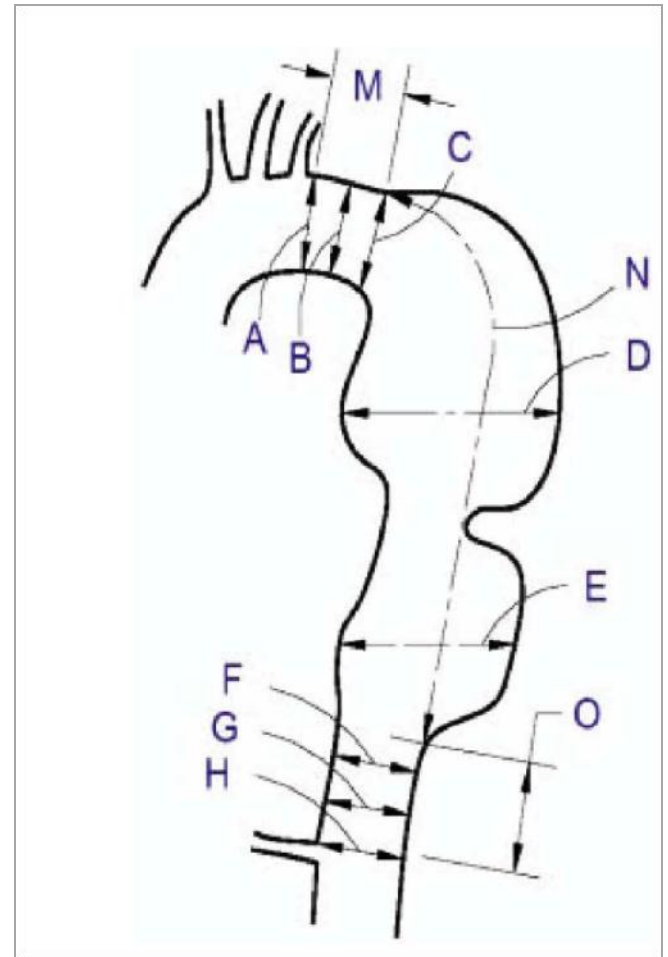


Seuil = **205 mm**  
Sensibilité = 80% - Spécificité = 95.2%

# Les moyens de la prévention

# Planifier l'opération

- Mesurer la longueur d'aorte à couvrir
- Evaluer les troncs supra aortiques :
  - A. sous-clavière
  - A. vertébrale
- Évaluer la circulation hypogastrique
- Vascularisation médullaire ?

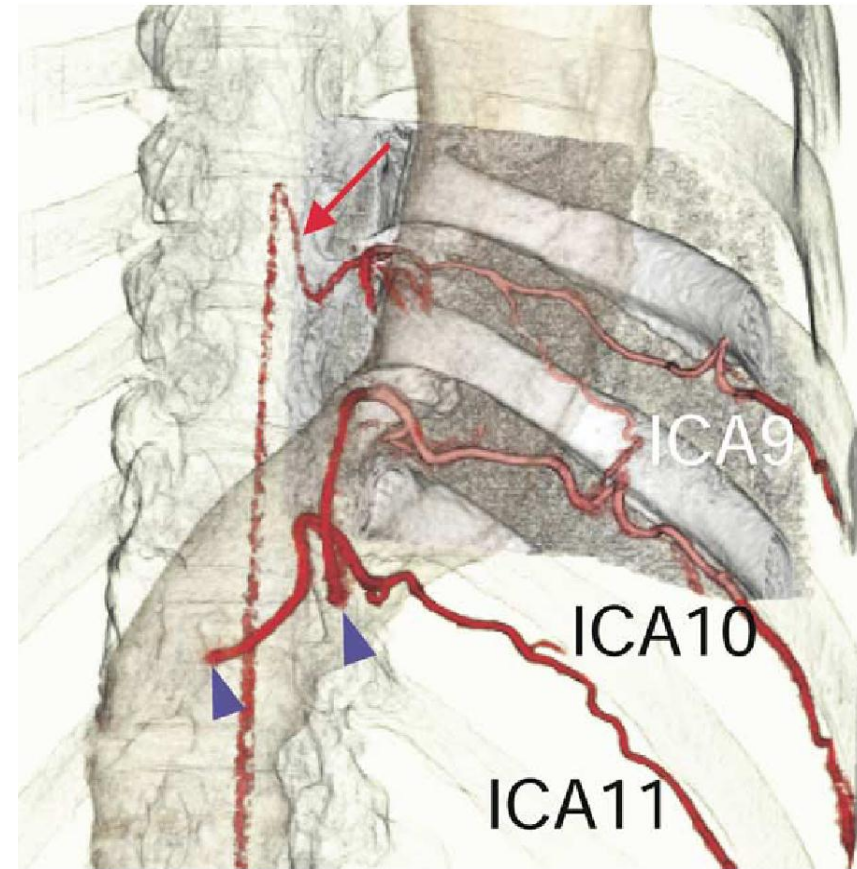


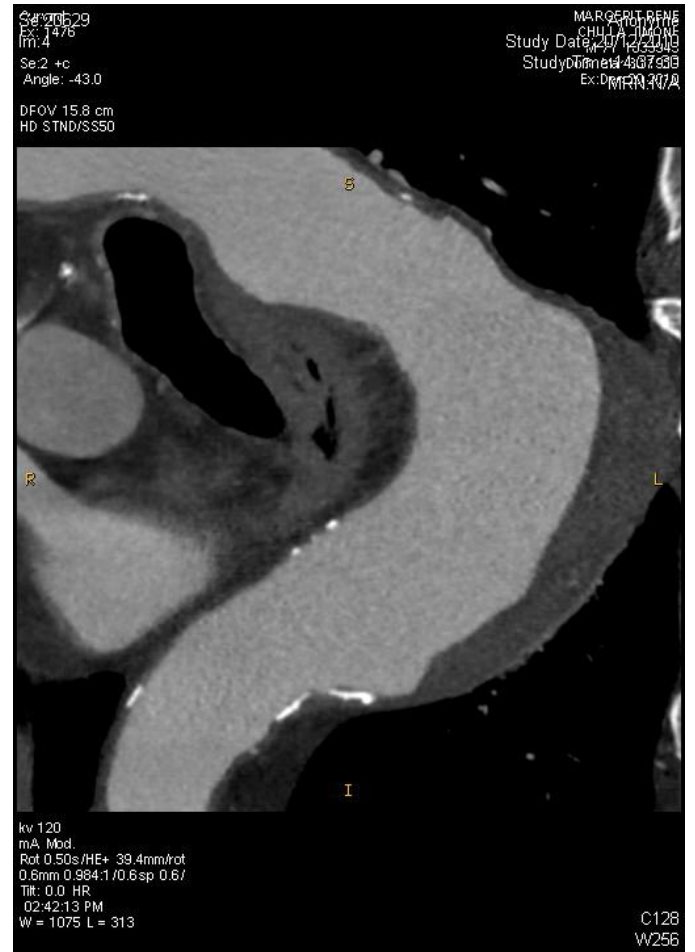


# Repérer les artères qui perfusent la moelle épinière

- Angiographie médullaire
- Examen invasif avec un taux de succès variable (55 à 85.7%)
- Intérêt controversé en chirurgie
- Pas d'étude concernant le traitement endovasculaire

*Williams JVS 91, Kieffer JVS 2002*





GE MEDICAL SYSTEMS  
HISTORICAL  
BARTOLI JEAN-MICHEL

MARGERITA  
Study Date: 10/08/2011  
Study Time: 09:46:55  
MRN: N/A

A10057043613  
Jan 10 2011  
10:44:20

RAO: 4.8 deg  
CRA: 3.0 deg  
L: 0.1 deg  
Mag = 1.00  
FL: ROT:  
WW: 3369 WL: 2144  
XA 750x750

(Filt. 9)

Seq: 22  
FRAME = 9 / 25  
MASK = 4

01728  
W2507

GE MEDICAL SYSTEMS  
HBI 9170101E  
BARTOLI JEAN-MICHEL

MARGERITA RINNE  
Study Date: 10/10/2011  
Study Time: 10:16:53  
M Val: 316  
MRN: N/A

A10057043613  
Jan 10 2011  
10:15:31

T 12 CCHE

(File: 4)

RAO: 1.9 deg  
CRA: 3.0 deg  
L: 0.1 deg  
Mag = 1.00  
FL: ROT:  
WW: 3366 WL: 1602  
XA 800x800

Seq: 1  
FRAME = 15 / 23  
MASK = 3

C1728  
W2507



RAO: 2.5 deg  
CRA: 3.0 deg  
L: 0.1 deg  
Mag = 1.00  
FL: ROT:  
WW: 2507 WL: 1728  
XA 1000x1000

Seq: 6  
FRAME = 10 / 21  
MASK = 3

GE MEDICAL SYSTEMS  
CHU. TIMONE  
BARTOLI JEAN-MICHEL

MARGERIT ROME  
Study Date: 10/10/2011  
Study Time: 10:26:46  
M Mar 30 1939

A10057043613  
Jan 10 2011  
10:26:46

T10 GCHE

(Filt. 9)

RAO: 2.5 deg  
CRA: 3.0 deg  
L: 0.1 deg  
Mag = 1.00  
FL: ROT:  
WW: 2507 WL: 1728  
XA 1000x1000

Seq: 9  
FRAME = 13 / 27  
MASK = 2

C2368  
W3194

GE MEDICAL SYSTEMS  
CHU TIMONE  
BARTOLI JEAN-MICHEL

MARGENT ROME  
Study Date: 10/10/2011  
Study # 3053943  
M Mar 30/1999

A10057043613  
Jan 10 2011  
10:58:16



TG DRTT

(Lft. 9)

RAO: 2.5 deg  
CRA: 3.0 deg  
L: 0.1 deg  
Mag = 1.00  
FL: ROT  
WW: 2500 WL: 1745  
XA: 1000s:1000

Seq: 15  
FRAME = 11 / 26  
MASK = 1

C2583  
W1324

GE MEDICAL SYSTEMS  
CHU. TIMONE  
BARTOLI JEAN-MICHEL

MARGERIT ROME  
Study Date: 10/10/2011  
Study Time: 10:38:16  
M Mar 30 10:39

A10057043613  
Jan 10 2011  
10:38:16

RAO: 2.3 deg  
CRA: 3.0 deg  
L: 0.1 deg  
Mag = 1.00  
FL: ROT:  
WW: 2508 WL: 1748  
XA 1000x1000

T6 DRTE

(Filt. 9)

Seq: 15  
FRAME = 12 / 26  
MASK = 1

C2583  
W1324



GE MEDICAL SYSTEMS  
CHU. TIMONE  
BARTOLI JEAN-MICHEL

MARGERIT ROME  
Study Date: 10/10/2011  
Study Time: 10:38:33  
M Mar 30 2011

A10057043613  
Jan 10 2011  
10:38:16

RAO: 2.3 deg  
CRA: 3.0 deg  
L: 0.1 deg  
Mag = 1.00  
FL: ROT:  
WW: 2508 WL: 1748  
XA 1000x1000

T6 DRTE

(Filt. 9)

Seq: 15  
FRAME = 13 / 26  
MASK = 1

C2583  
W1324

GE MEDICAL SYSTEMS  
CHU. TIMONE  
BARTOLI JEAN-MICHEL

MARGERIT ROME  
Study Date: 10/10/2011  
Study Time: 10:38:33  
M Mar 30 2011

A10057043613  
Jan 10 2011  
10:38:16

RAO: 2.3 deg  
CRA: 3.0 deg  
L: 0.1 deg  
Mag = 1.00  
FL: ROT:  
WW: 2508 WL: 1748  
XA 1000x1000

T6 DRTE

(Filt. 9)

Seq: 15  
FRAME = 13 / 26  
MASK = 1

C2583  
W1324

GE MEDICAL SYSTEMS  
CHU. TIMONE  
BARTOLI JEAN-MICHEL

MARGERIT RIME  
Study Date: 10/10/2011  
Study Time: 10:38:16  
M Mar 30 2011

A10057043613  
Jan 10 2011  
10:38:16

RAO: 2.3 deg  
CRA: 3.0 deg  
L: 0.1 deg  
Mag = 1.00  
FL: ROT:  
WW: 2508 WL: 1748  
XA 1000x1000

T6 DRTE

(Filt. 9)

Seq: 15  
FRAME = 14 / 26  
MASK = 1

C2583  
W1324

GE MEDICAL SYSTEMS  
CHU TIMONE  
BARTOLI JEAN-MICHEL

MARGERIT RENE  
Study Date: 10/10/2011  
Study Time: 10:38:33  
M Mar 30 2011

A10057043613  
Jan 10 2011  
10:38:16

RAO: 2.3 deg  
CRA: 3.0 deg  
L: 0.1 deg  
Mag = 1.00  
FL: ROT:  
WW: 2508 WL: 1748  
XA 1000x1000

T6 DRTE

(Filt. 9)

Seq: 15  
FRAME = 15 / 26  
MASK = 1

C2583  
W1324

GE MEDICAL SYSTEMS  
CHU TIMONE  
BARTOLI JEAN-MICHEL

MARGERIT RENE  
Study Date: 10/10/2011  
Study Time: 10:38:16  
M Mar 30 2011

A10057043613  
Jan 10 2011  
10:38:16

RAO: 2.3 deg  
CRA: 3.0 deg  
L: 0.1 deg  
Mag = 1.00  
FL: ROT:  
WW: 2508 WL: 1748  
XA 1000x1000

T6 DRTE

(Filt. 9)

Seq: 15  
FRAME = 16 / 26  
MASK = 1

C2583  
W1324

GE MEDICAL SYSTEMS  
CHU. TIMONE  
BARTOLI JEAN-MICHEL

MARGERIT RME  
Study Date: 10/10/2011  
Study Time: 10:38:16  
M Mar 30 2011

A10057043613  
Jan 10 2011  
10:38:16

T6 DRTE

(Filt. 9)

RAO: 2.3 deg  
CRA: 3.0 deg  
L: 0.1 deg  
Mag = 1.00  
FL: ROT:  
WW: 2508 WL: 1748  
XA 1000x1000

Seq: 15  
FRAME = 18 / 26  
MASK = 1

C2583  
W1324

GE MEDICAL SYSTEMS  
CHU TIMONE  
BARTOLI JEAN-MICHEL

MARGERIT ROME  
Study Date: 10/12/2011  
Study Time: 09:30:33  
M Mar 30 2011

A10057043613  
Jan 10 2011  
10:38:16

RAO: 2.3 deg  
CRA: 3.0 deg  
L: 0.1 deg  
Mag = 1.00  
FL: ROT:  
WW: 2508 WL: 1748  
XA 1000x1000

T6 DRTE

(Filt. 9)

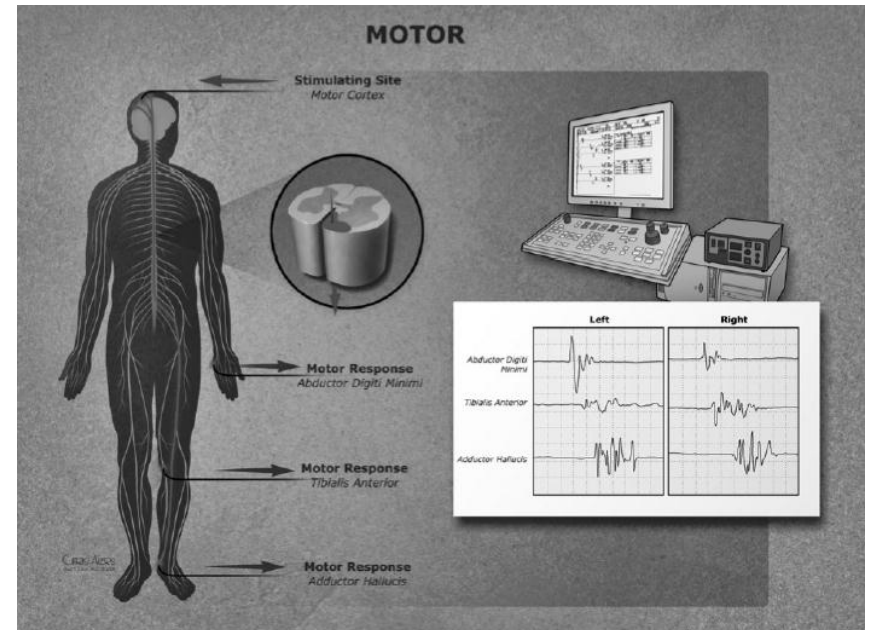
Seq: 15  
FRAME = 20 / 26  
MASK = 1

C2583  
W1324

# Pendant l'intervention

## *Monitorage des potentiels évoqués*

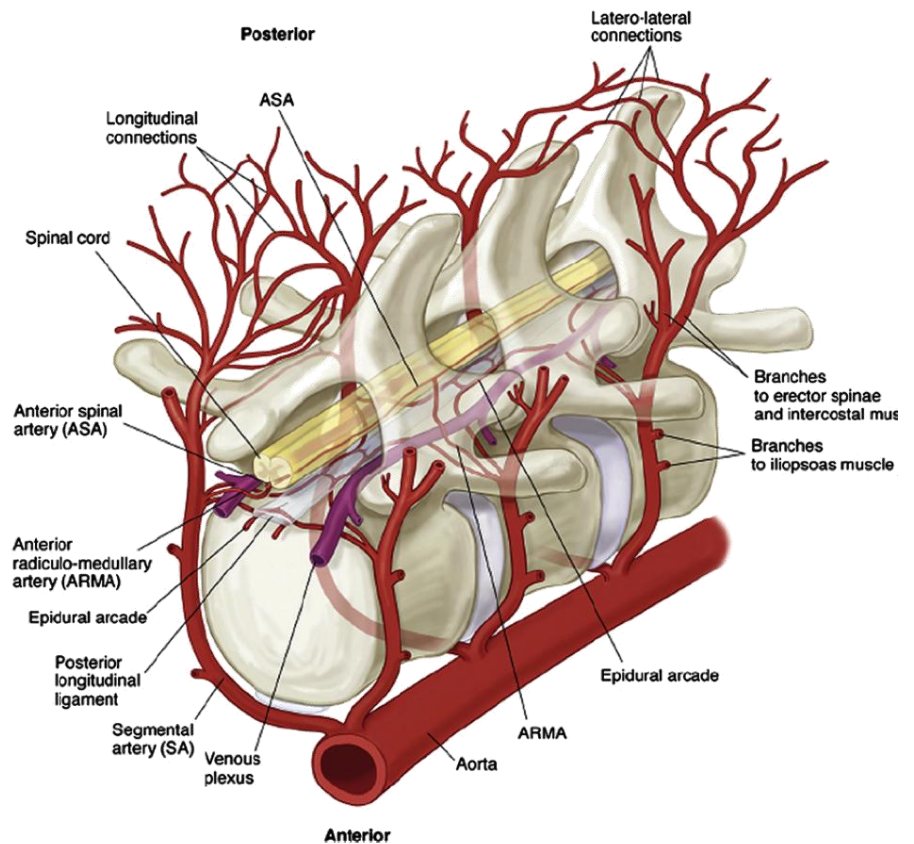
- Potentiels évoqués moteurs :
  - Efficacité dans la détection précoce de l'IM en chirurgie
  - Si modifications :
    - Manipulations hémodynamiques précoces
    - Conversion chirurgicale ?





# Après l'intervention

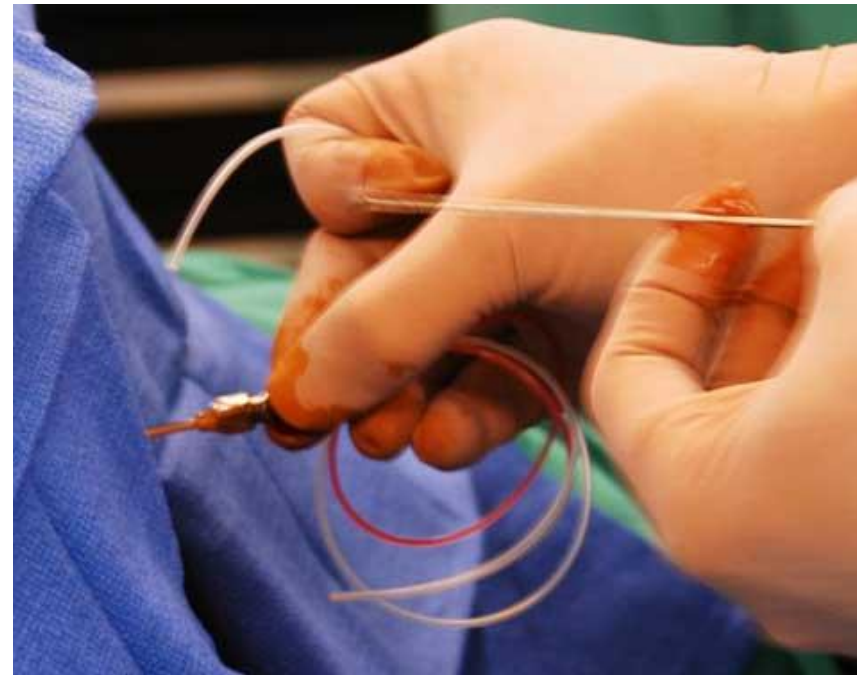
- Maintien d'une pression de perfusion médullaire élevée :
  - PAM > 90 mmHg
  - PVC basse
  - Drainage du LCR



# Quand drainer le LCR ?

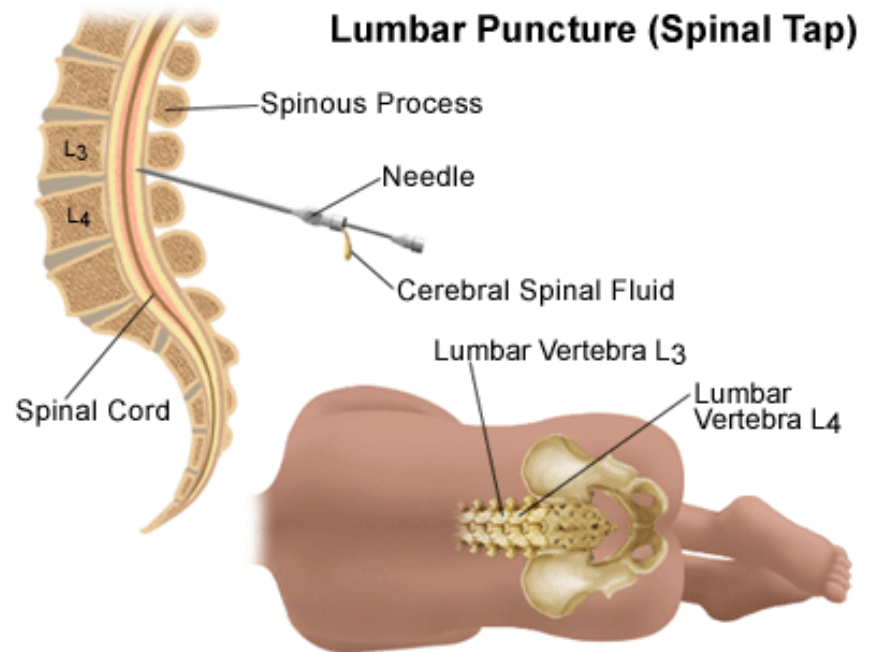
## *Evolution de la prise en charge*

- Le drainage n'est pas systématique mais électif
- Indication formelle : couverture probable d'un segment d'aorte > 205 mm
- Indications discutées
  - Lésion située au niveau de la jonction thoraco-abdominale
  - Mauvaise collatéralité :
    - AAA opéré
    - Sténose/occlusion des artères hypogastriques
    - Couverture ASCG sans revascularisation
- Apparition de symptômes d'IM après TEVAR



# Comment drainer ?

- Anesthésie générale
- Espace intervertébral L4-L5 ou L3-L4
- Insertion de 8-10 cm de cathéter
- Peut être mis en place 24 h avant l'intervention



# Objectifs du drainage

- En l'absence de déficit :
  - KT en place pendant 48 h
  - Pression < 10 mmHg
  - Drainage de 15 ml/h
- Si déficit :
  - Pression LCR < 5 mmHg
  - Drainage continu
  - KT maintenu en place jusqu'à 7 jours



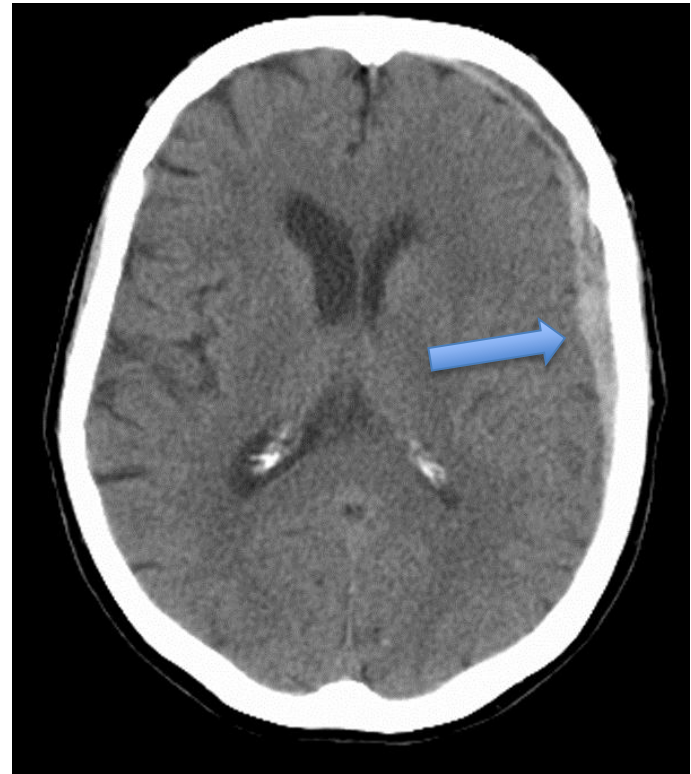
# Contre-indications du drainage

---

- Traitement antiplaquettaire (arrêt Clopidogrel 10 jours, arrêt aspirine 5 jours)
- Traitement anticoagulant
- Troubles de la coagulation
- Urgence
- Rachis lombaire « hostile »

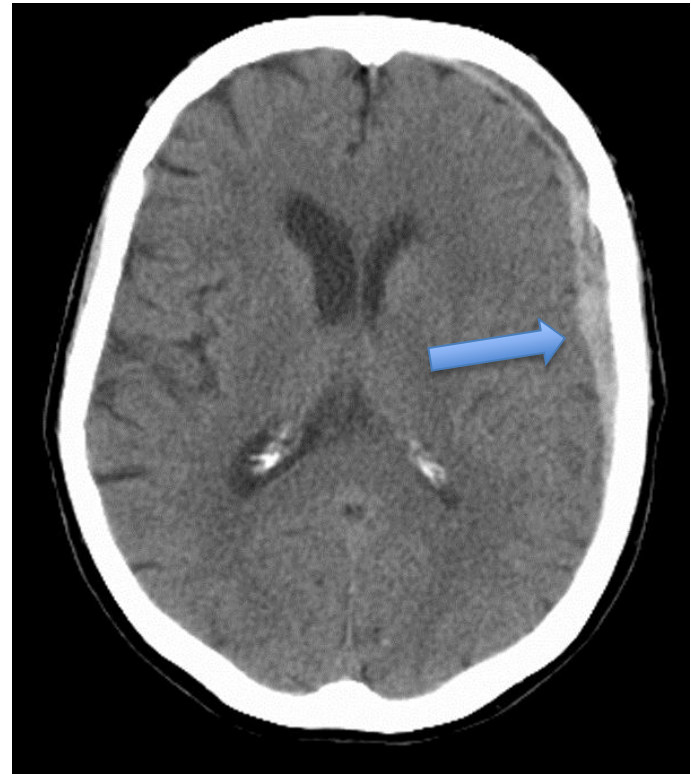
# Complications du drainage

- Complications de la ponction :
  - Plaie nerveuse
  - Hématome
- Complications du cathéter :
  - Infection
  - Fracture
- Complications du drainage
  - Hypotension intracrânienne
  - Hémorragie intracrânienne



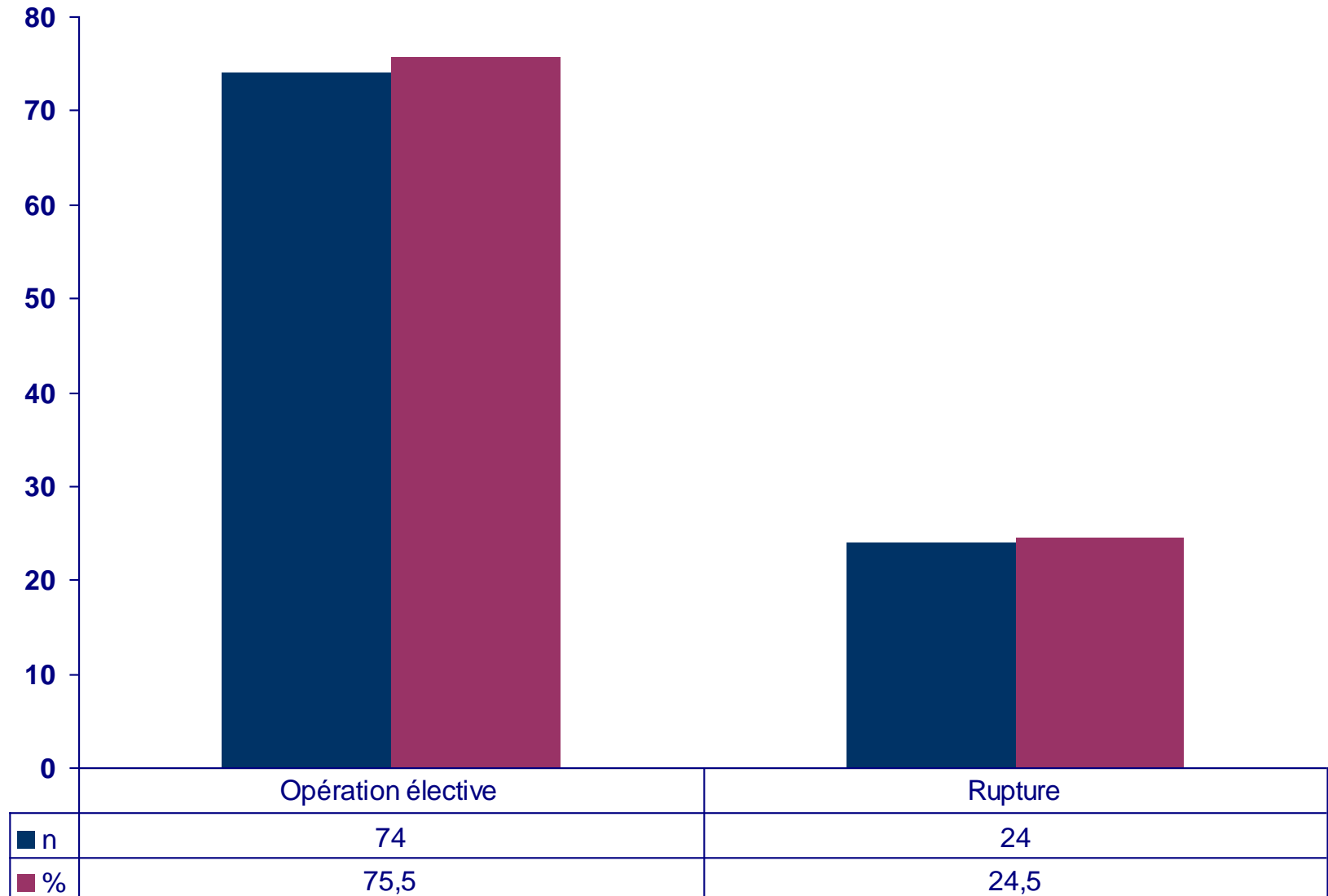
# Complications du drainage

- Complications de la ponction :
  - Plaie nerveuse
  - Hématome
- Complications du cathéter :
  - Infection
  - Fracture
- Complications du drainage
  - Hypotension intracrânienne
  - Hémorragie intracrânienne



# Expérience 2005 - 2012

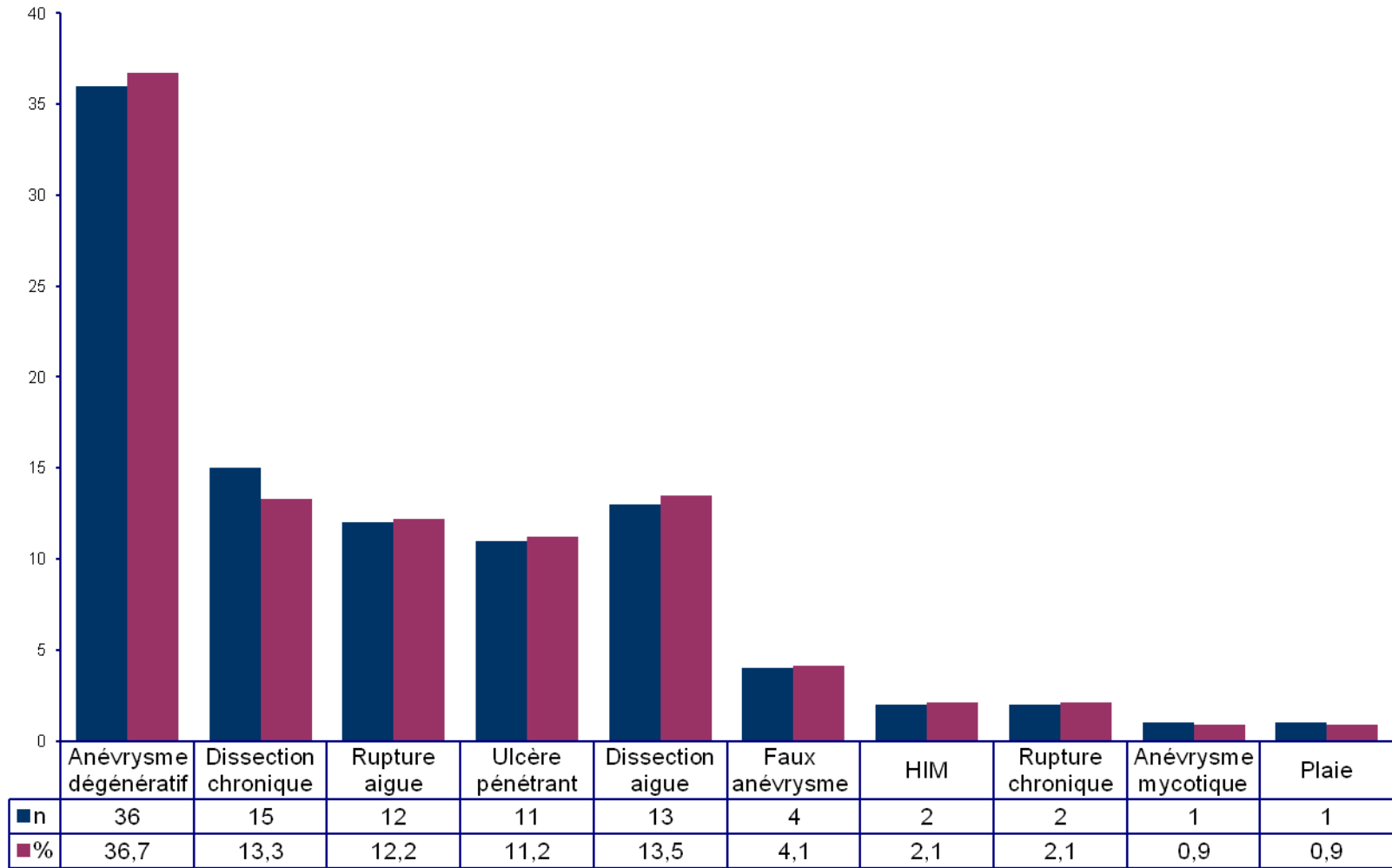
*(98 malades opérés)*



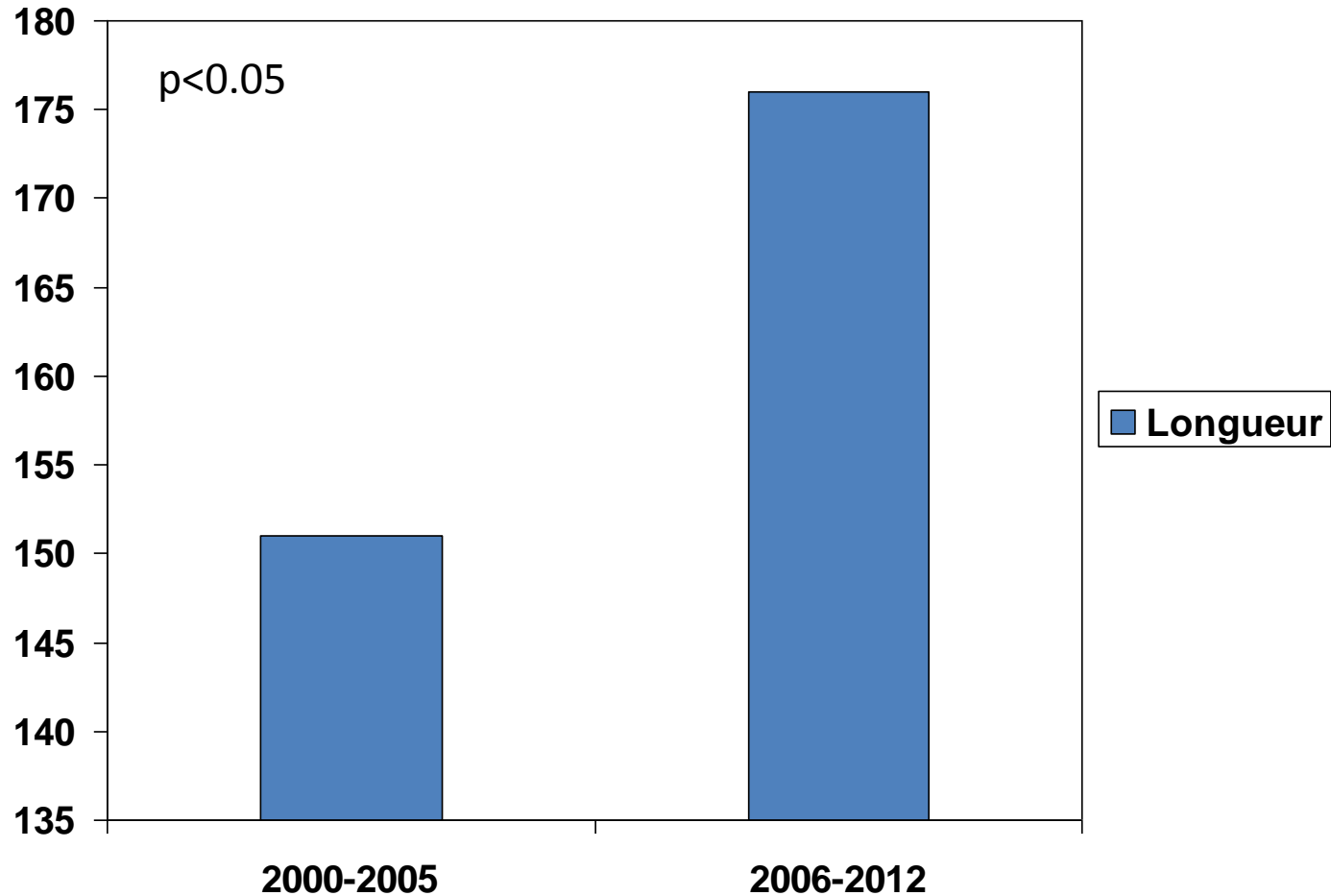


# Lésions de l'aorte thoracique descendante

(98 patients)



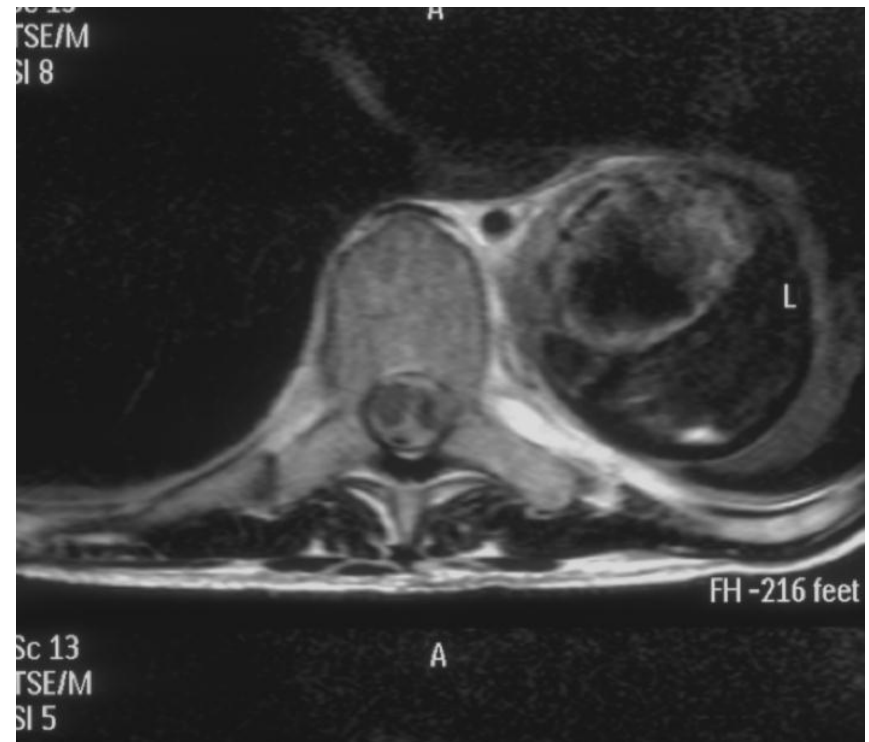
# Longueur moyenne de la couverture aortique (mm)



# Résultats (2005-2012)

*98 patients*

- Pas d'ischémie médullaire
- Drainage du LCR : **12 malades**
  - Longueur de la couverture aortique = **295 ± 46 mm** (vs 154 ± 40 mm,  $p < 0.05$ )
  - 1 hématome de la queue de cheval (récupération neurologique complète )



# Résultats

## Longueur d'aorte couverte (mm)

IM Groupe 1  
(n=5)

DLCR Groupe 2  
(n=10)

p

261 ± 67.3

288.9 ± 58.4

ns

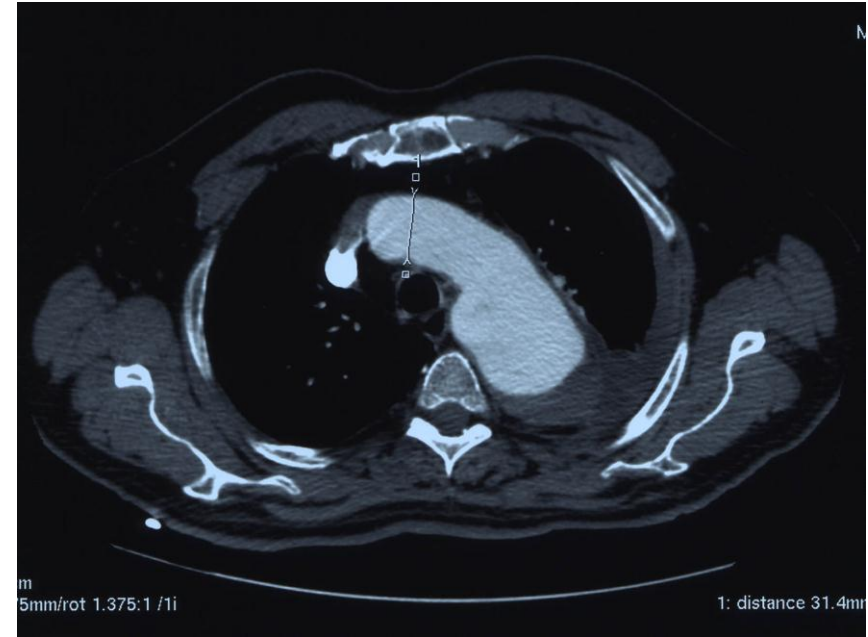
# Conclusions

- Le risque d'ischémie médullaire est faible après traitement endovasculaire des lésions de l'aorte thoracique et de l'aorte thoraco-abdominale
- Ce risque devient significatif si:
  - Les lésions nécessitent une couverture longue de l'aorte descendante > 205 mm
  - La collatéralité destinée à la moelle épinière est mauvaise

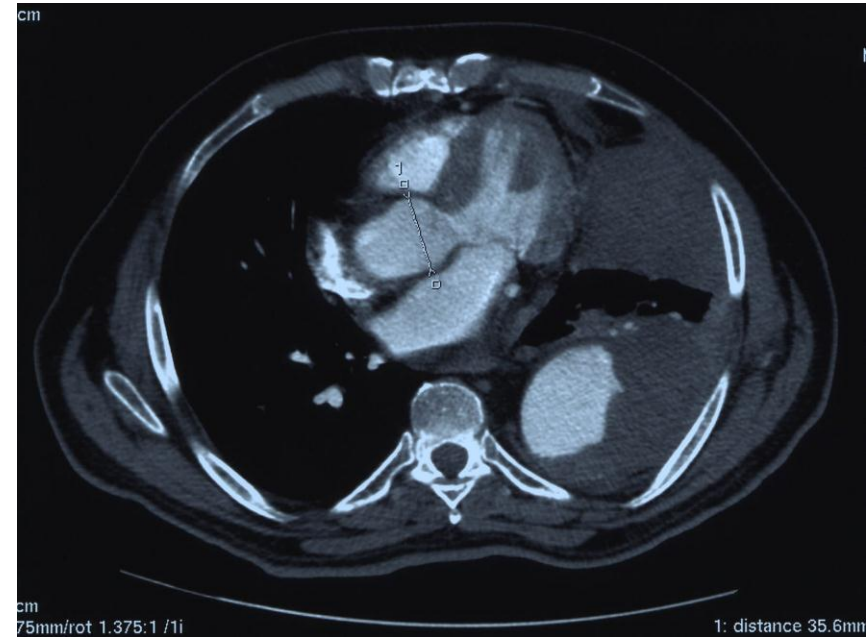
# Conclusions

- Des mesures spécifiques doivent être instaurées chez ces malades à haut risque pour augmenter la pression de perfusion de la moelle :
  - Drainage du LCR
  - Maintient d'une PAM > 90 mmHg durant la période périopératoire
  - PVC basse
- Ces mesures préviennent efficacement l'ischémie médullaire et la paraplégie

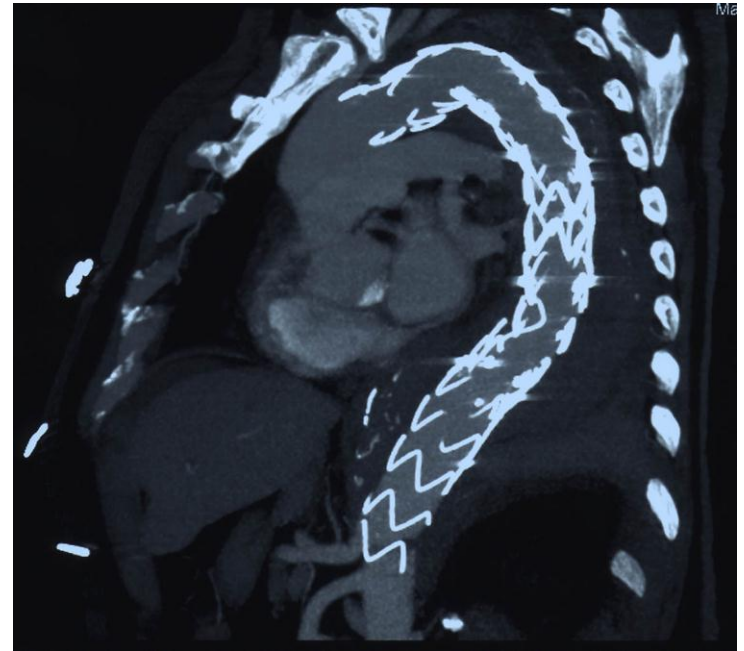
AAT dégénératif rompu



Choc hypovolémique



# Couverture de l'ATD



# Pas d'ischémie médullaire

