

COLLECTIVE REVIEW

บทฟื้นฟูวิชาการ

Descending thoracic aortic aneurysm

สนธิศักดิ์ ลีลพานนท์
กิตติชัย เหลืองทวีบุญ

- บทนำ
- ชนิดของ aneurysm
- การดำเนินโรค
- สาเหตุ
- อาการและอาการแสดง
- การวินิจฉัย
- การสืบค้นโรค
- การรักษา
- ผลการรักษาและภาวะแทรกซ้อน
- ไชล์หลังขาดเลือด
 - การตรวจการทำงานของไชล์หลังระหว่างผ่าตัด
 - เทคนิคอื่นๆเพื่อป้องกันไชล์หลังขาดเลือด

บทนำ

การรักษา descending thoracic aortic aneurysm ด้วยวิธีการทางศัลยกรรมนี้ เพิ่งมีวิวัฒนาการมาได้ไม่ถึง 50 ปี โดยในปี 1951 Gross et al รายงานถึงความสำเร็จในการทำ replacement of descending aortic aneurysm ด้วย aortic homograft และในปีเดียวกันนั้นเอง Lam and Aram รายงานถึงการทำ replacement of descending aortic aneurysm ด้วย aortic homograft แต่พบว่าผู้ป่วยเกิด postoperative paraplegia, empyema และเสียชีวิตหลังผ่าตัด 6 อาทิตย์ ต่อมาในปี 1953 Bahnson รายงานถึงความสำเร็จในการ repair saccular aneurysm ของ thoracic aorta ด้วยวิธี lateral resection and aortorrhaphy และในปีเดียวกันนั้นเอง DeBakey and Colley ก็ได้รายงานถึงความสำเร็จในการ replacement descending thoracic aortic aneurysm ด้วย prosthetic

จนถึงปัจจุบันนี้การผ่าตัด descending thoracic aortic aneurysm ได้มีวิวัฒนาการมากขึ้น มีเทคนิคและวัสดุอุปกรณ์มากขึ้น แต่ก็ยังพบว่ามีข้อขัดแย้งอยู่โดยเฉพาะเกี่ยวกับการใช้เทคนิค bypass หรือ shunt เพื่อนำเลือดไปเลี้ยงส่วนล่างของร่างกาย

ชนิดของ aneurysm

สามารถแบ่ง aneurysm ได้ตามรูปร่าง, ลักษณะของผนัง และตำแหน่งของ aneurysm

แบ่งตามรูปร่าง

fusiform หมายถึง aneurysm ที่ครอบคลุมทั้งเส้นรอบวงในบริเวณที่เป็น aneurysm

saccular หมายถึง aneurysm ที่ครอบคลุมบางส่วน of เส้นรอบวงในบริเวณที่เป็น aneurysm

แบ่งตามลักษณะของผนัง

True aneurysm : หมายถึง aneurysm ที่มีผนังเป็นผนังของ aorta ปกติทั้ง 3 ชั้น

False aneurysm : หมายถึง aneurysm ที่มีผนังเป็น aortic adventitia หรือ periaortic fibrous tissue แบ่งตามตำแหน่ง

ได้แก่ ascending aortic aneurysm , aortic arch aneurysm , descending thoracic aortic aneurysm , thoracoabdominal aortic aneurysm , abdominal aortic aneurysm

ส่วน Dissecting aortic aneurysm นั้นไม่ถือว่าเป็น aneurysm ที่แท้จริง เนื่องจากเกิดจากการฉีกของเลือดเข้าไปในระหว่างชั้นของผนังของ aorta โดยไม่ได้มีการโป่งพองเกิดขึ้น ดังนั้นจะไม่ขอลำถึงในที่นี้

การดำเนินโรค

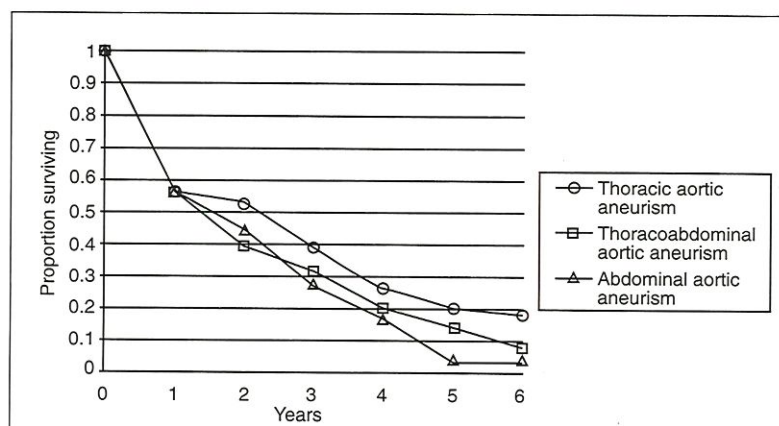
Aneurysm ใน thoracic aorta ที่พบบ่อยที่สุดคือ descending thoracic aortic aneurysm ซึ่งเป็นตำแหน่งที่พบมากเป็นที่สองของ aortic aneurysm ทั้งหมด รองจาก infrarenal abdominal aortic aneurysm⁽¹⁾ , Bickerstaff

LK et al. 1982⁽²⁾ ได้ทำการรวบรวมผู้ป่วย thoracic aortic aneurysm ในเมือง Rochester, Minnesota ในปี 1951-1980 พบว่า มีผู้ป่วย 35 คน เป็น descending aortic aneurysm 20 ราย (57%) , ascending aortic aneurysm 8 ราย (23%) และ aortic arch aneurysm 7 ราย (20%)

Pressler V และ Mc namara JJ 1980⁽³⁾ ได้ทำการศึกษาผู้ป่วย thoracic aortic aneurysm ใน Honolulu, Hawaii ในปี 1969-1977 จำนวน 90 คน พบว่ามีผู้ป่วย descending aortic aneurysm จำนวน 80 คน คิดเป็น 89 % โดยมีผู้ป่วยอายุตั้งแต่ 30 ปีขึ้นไป พบมากในช่วงอายุ 60-79 ปี 71% (57 รายใน 80 ราย) พบในเพศชายมากกว่าเพศหญิง 64 % (51 รายใน 80 ราย) ตำแหน่งของ aneurysm ที่ descending aorta พบมากในตำแหน่งใต้ต่อ left subclavian artery ผู้ป่วยส่วนใหญ่มีโรคอื่นร่วมด้วยบ่อย พบว่า โรคหัวใจและหลอดเลือดพบได้ในผู้ป่วยถึง 85% (68 รายใน 80 ราย), เบาหวาน 14% (11 รายใน 80 ราย) และยังพบว่ามี abdominal aortic aneurysm ร่วมด้วยถึง 33% (26 รายใน 80 ราย) ในผู้ป่วยที่ไม่ได้รับการผ่าตัด พบว่าสาเหตุการเสียชีวิตส่วนใหญ่คือ aneurysm แตก (ตารางที่ 1)

สาเหตุการเสียชีวิตในผู้ป่วยที่ไม่ได้รับการผ่าตัด	จำนวนผู้ป่วยเสียชีวิต
rupture descending thoracic aortic aneurysm	21
โรคหัวใจและหลอดเลือด	16
rupture abdominal aortic aneurysm	4
อื่นๆ	3
รวมทั้งหมด	44

ตารางที่ 1 สาเหตุการเสียชีวิตในผู้ป่วย descending thoracic aortic aneurysm ที่ไม่ได้รับการผ่าตัด



กราฟที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของผู้รอดชีวิตและเวลาในผู้ป่วยที่ไม่ได้รับการผ่าตัด

Perko MJ et al 1995⁽⁴⁾ ได้ทำการศึกษาผู้ป่วย thoracic aortic aneurysm , thoracoabdominal aortic aneurysm และ abdominal aortic aneurysm ที่ไม่ได้รับการรักษาด้วยการผ่าตัดจำนวน 170 คน พบว่า aneurysm ที่มีขนาดใหญ่กว่า 6 ซม. จะมีโอกาสแตกเพิ่มมากขึ้นถึง 5 เท่า , ผู้ป่วยที่มีอาการของ aneurysm จะมีโอกาสแตกมากกว่าผู้ป่วยที่ไม่มีอาการ และผู้ป่วย thoracic aortic aneurysm จะมี 5 years survival เพียง 20% เท่านั้น (กราฟที่ 1)

ผู้ป่วยที่ aneurysm แตกมีอัตราการตายสูงมาก Johansson G et al 1995⁽⁵⁾ ได้ศึกษาผู้ป่วยที่เป็น rupture thoracic aortic aneurysm ที่ Stockholm Sweden พบว่า ในปี 1980 มีผู้ป่วย 82 รายที่ aneurysm แตก พบว่าผู้ป่วยเสียชีวิต 100% ขณะที่ปี 1989 มีผู้ป่วย 76 ราย พบว่าเสียชีวิต 74 ราย คิดเป็น 97% ในจำนวนนี้มีผู้ป่วย 135 รายที่ทราบเวลาที่แน่นอนขณะที่เริ่มแตกและเสียชีวิต พบว่าผู้ป่วยจะเสียชีวิตภายใน 6 ชม. หลังจากแตก 54% และภายใน 24 ชม. คิดเป็น 76%

สาเหตุ

โดยทั่วไปแล้ว aneurysm เกิดจากปัจจัยพื้นฐาน 2 ประการคือ ความดันโลหิต ซึ่งเป็นแรงในการขยายหลอดเลือดให้โป่งพอง และความแข็งแรงของผนังหลอดเลือด โดยความแข็งแรงของผนังหลอดเลือด จะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของผนังหลอดเลือด ได้แก่ elastic fiber, smooth muscle, collagen และ mucopolysaccharide

โรคที่ทำให้เกิด aneurysm^(6,7,8,9)

1. arteriosclerosis เป็นสาเหตุที่พบบ่อยที่สุด พบประมาณ 55%-80% โดยกระบวนการเสื่อมของผนังหลอดเลือดจะเริ่มจาก intimal layer ก่อน จากนั้นจะมีการเสื่อมของชั้น media ตามมา จนในที่สุดมีการโป่งพองของหลอดเลือดเป็น aneurysm ลักษณะของ aneurysm ส่วนใหญ่เป็น fusiform type มีน้อยที่เป็น saccular type พบมากที่ตำแหน่งใต้จุดกำเนิดของ left subclavian artery , arteriosclerosis นี้เป็น systemic disease จึงพบว่าผู้ป่วยอาจมีโรคของหลอดเลือดอื่นร่วมด้วย ได้บ่อย เช่น coronary artery disease , cerebrovascular insufficiency หรือ abdominal aortic aneurysm

2. การบาดเจ็บ : ส่วนมากทำให้เกิด aneurysm ใน

descending aorta ได้ต่อระดับของ ligamentum arteriosum โดยกลไกการบาดเจ็บเกิดจากการลดความเร็วลงอย่างรวดเร็ว (deceleration injury) ซึ่ง ligamentum arteriosum จะทำตัวเป็นจุดหมุน (hinge point) ทำให้เกิดการฉีกขาดของผนัง descending aorta ซึ่งบางครั้งอาจมีอาการหลังจากได้รับอุบัติเหตุหลายปีก็ได้ ผนังของ aneurysm อาจเป็นแค่ adventitia หรือ เนื้อเยื่อใน mediastinum ซึ่งจะขยายขนาดขึ้นจนกระทั่งมีอาการและอาการแสดงของ aneurysm อย่างชัดเจน, การบาดเจ็บทำให้เกิด aneurysm ใน descending aorta มากกว่า ascending aorta และมากกว่า aortic arch

3. Aortitis เช่น giant cell arteritis (temporal arteritis) และ Takayasu's arteritis โดย giant cell arteritis มักจะเกิดในผู้หญิง อายุ 55 ปีหรือมากกว่า พยาธิสภาพจะพบว่ามี chronic inflammation ในทุกชั้นในผนังของ aorta และแขนงร่วมกับมี giant cells พร้อมๆกับการเสื่อมและการทำลายในชั้น media ภาวะนี้ทำให้เกิด aneurysm หรือ stenosis ก็ได้ ส่วน Takayasu's disease พบในผู้หญิงมากกว่าผู้ชายเช่นกัน แต่มักพบในวัยรุ่นและในวัยหนุ่มสาว พบว่าโรคนี้มีพยาธิสภาพในทุกชั้นของ aorta โดยมี fibrosis ในชั้น adventitial, มีการเสื่อมและการทำลายในชั้น media โดยมี cell infiltrate อยู่ เป็นพวก lymphocyte, histiocyte และ plasma cell, ส่วนในชั้น intima พบว่ามี cellular proliferation ร่วมกับมี fibrosis และการตีบแคบของหลอดเลือด โดย Takayasu's disease สามารถที่จะทำให้เกิด stenosis หรือ aneurysm ก็ได้

4. Mycotic aneurysm สามารถเกิดจาก bacteria ได้หลาย species และมักจะเป็นแบบ saccular lesion โดยสามารถเพาะเชื้อได้จากผนังของ aorta , pathogenesis คือมี septic embolism จาก bacterial endocarditis มายัง aorta (ได้ทั้ง aorta ที่เป็นปกติและเป็น arteriosclerosis) หรือมีสาเหตุมาจากฝีที่อยู่ใกล้เคียง, ต่อม้ำเหลืองอักเสบ ติดเชื้อ, หลอดในโพรงเยื่อหุ้มปอด, ภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด, การบาดเจ็บ, intravenous injection หรือจากการผ่าตัด, bacteria ทุกชนิดสามารถ invade arterial wall ได้ รวมทั้งเชื้อวัณโรคด้วย

5. Cystic medial necrosis หรืออีกชื่อหนึ่งคือ massive degeneration of the elastic fibers of the media ถือเป็น congenital factor หนึ่ง เนื่องจากพบบ่อยในผู้ป่วย Marfan's syndrome (มีลักษณะผอมสูง แขนยาว นิ้วมือนิ้วเท้ายาว หน้าอกแบน เส้นเอ็นและเยื่อหุ้มข้อ

ยืดหยุ่นยาน และ เลนส์นัยน์ตาหลุดเลื่อนได้ง่าย) ซึ่ง cystic medial necrosis นี้ไม่จำเป็นต้องเกิดใน Marfan's syndrome และในผู้ป่วย Marfan's syndrome ก็ไม่จำเป็นต้องเป็น cystic medial necrosis ทุกคน พยาธิสภาพเป็น necrosis และไม่มี muscle cells ใน elastic lamina และ มี cystic spaces ที่เต็มไปด้วย mucoid material, aneurysm จะมีรูปร่างเป็น fusiform พบบ่อยบริเวณ ascending aorta แต่ก็สามารถพบได้ใน descending aorta โดยใน ascending aorta นั้นอาจพบมีลักษณะพิเศษที่เรียกว่า annuloaortic ectasia ซึ่งมี medial degenerate ร่วมกับมี annulus dilates จะทำให้ aortic leaflets แยกออกจากกัน ทำให้เกิด aortic regurgitation ตามมาได้

6. Luetic aneurysm เป็น aneurysm ที่เกิดจากโรคซิฟิลิสระยะที่สาม แต่ในปัจจุบันนี้พบได้น้อยลง พบบ่อยใน ascending aorta มากกว่าใน descending aorta พยาธิสภาพใน aorta จะพบว่า มี focal medial necrosis และมี infiltration ของ lymphocyte ในชั้น media และ adventitia

Bickerstaff LK et al 1982⁽²⁾ ได้ทำการศึกษาย้อนหลังถึงสาเหตุของ thoracic aortic aneurysm พบว่า ผู้ป่วยจำนวน 24 คน พบเป็น arteriosclerosis จำนวน 15 คน (62.5%) , เป็น aortitis จำนวน 4 คน (16.7%) , เป็น cystic medial necrosis จำนวน 3 คน (12.5%) และ syphilis จำนวน 2 คน (8.3%)

อาการและอาการแสดง^(6,7,8,9)

ผู้ป่วยส่วนมากมักเป็นผู้ชาย โดยอาการของ aneurysm ส่วนใหญ่เกิดจากการกดทับ หรือ อุดตันของ อวัยวะข้างเคียง

1. ไม่มีอาการ : บ่อยครั้งที่พบว่าผู้ป่วยไม่มีอาการใดๆ แต่พบโดยบังเอิญโดย chest X-ray หรือการตรวจร่างกายทั่วไปเนื่องจากผู้ป่วยป่วยเป็นโรคอื่นอยู่ก่อน หรือตรวจพบโดยบังเอิญใน autopsy

2. ปวด : เป็นอาการที่พบได้บ่อยที่สุด มักจะปวดที่หลังบริเวณระหว่างสะบัก อาการปวดมีลักษณะปวดตื้อๆ และค่อยๆปวดมากขึ้นเรื่อยๆอย่างช้าๆ คาดว่าเกิดจากยืดของผนังของ aorta ซึ่งต่างจาก aortic dissection ซึ่งมีลักษณะปวดมากอย่างรุนแรงทันที แต่ถ้า aneurysm โตจนกระทั่งมีการกัดกร่อนกระดูกซี่โครงหรือกระดูกสันหลังแล้ว จะ

ทำให้เกิดอาการปวดรุนแรงเรื้อรัง เมื่อ aneurysm ใกล้เคียงแตกหรือแตกแล้ว จะมีอาการปวดอย่างรุนแรงมาก

3. เสียงแหบ : เป็นอาการที่พบบ่อยอีกอาการหนึ่งเนื่องจากมีกดทับหรือตึงรั้งต่อเส้นประสาท vagus ข้างซ้าย และเส้นประสาท recurrent laryngeal ข้างซ้าย ขณะที่เส้นประสาทนี้อ้อมรอบ aorta ที่ขยายใหญ่ขึ้น

4. กระบังลมข้างซ้ายเป็นอัมพาต : เกิดเนื่องจาก aneurysm กดต่อเส้นประสาท phrenic ข้างซ้าย ทำให้กระบังลมข้างซ้ายยกตัวสูง และเป็นอัมพาต

5. กลืนลำบาก : เกิดจาก aneurysm กดต่อหลอดอาหาร

6. ทางเดินหายใจอุดตัน : อาการ wheezing และ atelectasis เกิดได้จาก aneurysm กดต่อ bronchial tree

7. Embolization : พบไม่บ่อย เกิดจาก mural clot หลุดออกจาก aneurysm

8. เลือดออก : เกิดขึ้นในระยะสุดท้ายในกรณีที่ aneurysm แตก ซึ่งถ้าแตกเข้าสู่เนื้อปอด จะทำให้เกิดอาการไอเป็นเลือด ถ้าแตกเข้าสู่หลอดอาหารจะทำให้เกิดอาการอาเจียนเป็นเลือดสด หรือถ้าแตกเข้าสู่ mediastinum หรือ pleural cavity จะทำให้เกิด hemomediastinum, hemothorax หรือถ้าแตกเข้าสู่ pericardium cavity จะทำให้เกิด cardiac tamponade

9. ความดันโลหิตสูง : เป็นอาการที่พบร่วมได้บ่อย

10. อาการเนื่องจากโรคของหลอดเลือดอื่นๆ : เนื่องจากผู้ป่วย aneurysm ส่วนใหญ่มีสาเหตุจาก arteriosclerosis ดังนั้นจึงมักพบว่าผู้ป่วยมีโรคของเส้นเลือดอื่นๆอีกในหลายๆตำแหน่ง เช่น coronary artery disease, cerebrovascular disease, peripheral vascular disease หรือ abdominal aortic aneurysm ร่วมด้วย

Pressler V และ McNamara JJ 1980⁽³⁾ ได้ศึกษาผู้ป่วย descending thoracic aortic aneurysm จำนวน 80 คน พบว่า ผู้ป่วยจำนวน 17 คน (21%) ตรวจพบโดยบังเอิญใน chest X-ray, ผู้ป่วย 24 คน (30%) ตรวจพบเนื่องจากมารักษาด้วยโรคอื่น, ผู้ป่วยจำนวน 34 คน (43%) มาด้วยอาการของ aneurysm และผู้ป่วยจำนวน 5 คน (6%) ตรวจพบใน autopsy

การวินิจฉัย

การจะแยก aneurysm ออกจาก aorta ที่ปกตินั้น จะต้องแสดงว่า dilatation มีขนาดใหญ่กว่า ค่าปกติ 1.5 เท่า โดยค่าปกตินี้ที่ระดับ sinus of valsa มีขนาด 3.5 ซม. ที่

ascending aorta มีขนาด 3 ซม. ที่ aortic arch มีขนาด 2.5 ซม. และ mid descending aorta มีขนาด 2.3 ซม.⁽¹⁰⁾

การสืบค้นโรค^(6,7,8,9)

Chest X-ray : เป็นการตรวจที่สำคัญที่สุด aneurysm ส่วนใหญ่สามารถเห็นได้ใน chest X-ray โดยใน aneurysm ขนาดเล็กและขนาดปานกลาง จะเห็นว่าเงาของ aorta มีขนาดใหญ่ขึ้น ส่วนใน aneurysm ขนาดใหญ่ จะมีลักษณะคล้าย mass lesion โดยจะเห็นเงาทางด้านซ้ายและด้านหลัง, ในกรณีที่ aneurysm ไม่มี calcification จะทำให้เงาของ aneurysm แยกได้ยากกับเงาของ mediastinum และปอด แต่ถ้า aneurysm มี calcification แล้ว ก็จะต้องแยกจาก mediastinal teratoma ด้วย นอกจากนี้ใน film chest X-ray ยังอาจพบความผิดปกติอื่นๆ เช่นมี การเบียด trachea หรือ bronchi หรือพบว่ามี pulmonary atelectasis จากการที่ aneurysm กด bronchus ส่วน pleural effusion ถ้าเห็นใน chest X-ray อาจบ่งบอกว่า aneurysm ได้แตกแล้ว, ในกรณีที่แยก aneurysm ยากจาก aorta ที่ปกติแต่คดเคี้ยว พบว่า chest X-ray ทำ lateral จะช่วยแยกได้

Barium swallowing อาจพบว่า aneurysm กดต่อหลอดอาหาร ทำให้หลอดอาหารตีบตัน

Fluoroscopy สามารถแยก descending aortic aneurysm จากเงาของ mediastinal หรือปอดได้

มีข้อดีคือ สามารถบอกรายละเอียดของ arterial branch ได้ สามารถบอกว่ามี aortic regurgitation ร่วมด้วยหรือไม่ และสามารถตรวจ coronary artery angiography ได้พร้อมกันด้วย ปัจจุบันนี้ aortography มีที่ใช้น้อยลง เนื่องจากใช้ CT scan และ MRI แทนมากขึ้น

Coronary arteriography อาจจำเป็นต้องกระทำในผู้ป่วยบางราย โดยเฉพาะผู้ป่วยที่เป็น coronary artery disease ซึ่งผู้ป่วยเหล่านี้จำเป็นต้องทำ percutaneous transluminal coronary angioplasty (PTCA) หรือ coronary artery bypass graft ก่อนที่จะทำการผ่าตัด aneurysm เพื่อที่จะลด incidence ของ intraoperative myocardial infarction

CT scan สามารถให้รายละเอียดของ aneurysm ได้ดี เมื่อใช้ contrast media จะสามารถแยกได้จาก mass อื่นๆ แต่มีข้อเสียคือ ผู้ป่วยต้องถูก ionizing radiation, ใช้ contrast media ซึ่งอาจแพ้ได้ และมองได้เพียง transverse section^(10,11)

MRI เป็น non-invasive technique ซึ่งให้รายละเอียดของ aneurysm ได้ดี สามารถมองได้ทุก plane และไม่ต้องใช้ contrast media ดังนั้นจึงเป็น investigation of choice สำหรับผู้ป่วยที่แพ้ iodine แต่มีข้อเสียคือ ราคาแพง^(10,11)

Echocardiography สามารถที่จะบอกถึงขนาดและขอบเขตของ aortic aneurysm ได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้ contrast media สามารถที่จะดูลักษณะของ aortic valve และตรวจดู aortic regurgitation จาก Doppler echocardiography ได้ แต่มีปัญหาในเรื่อง bone and air transmission ซึ่งทำให้ภาพคมชัดน้อยลง ซึ่งแก้ไขได้โดยการ ทำ transesophageal echocardiography⁽¹¹⁾

ข้อสำคัญของการวินิจฉัยคือ ลักษณะของ aneurysm ใน film X-ray อาจคล้ายกับเงาของอกได้ ดังนั้น การทำ needle biopsy เพื่อการวินิจฉัยเงาของอก จึงไม่สมควรกระทำจนกว่าจะแน่ใจว่าไม่ใช่ aortic aneurysm

เนื่องจาก thoracic aortic aneurysm พบร่วมกับ abdominal aortic aneurysm ได้บ่อย ดังนั้นจึงควร investigate ดู aorta ทั้งหมด เช่น การใช้ ultrasound ช่วยตรวจดู abdominal aorta

Dinsmore RE et al 1986⁽¹⁰⁾ ได้ศึกษาเปรียบเทียบ ความแม่นยำของ MRI , CT , two dimension echocardiography และ angiogram พบว่าขนาดของ aneurysm ที่วัดด้วยวิธีต่างๆมีขนาดพอๆกัน แสดงถึงความแม่นยำพอๆกัน และได้แนะนำว่า MRI ควรเป็น investigation of choice เนื่องจาก non invasive กว่า และมีอันตรายน้อยกว่า

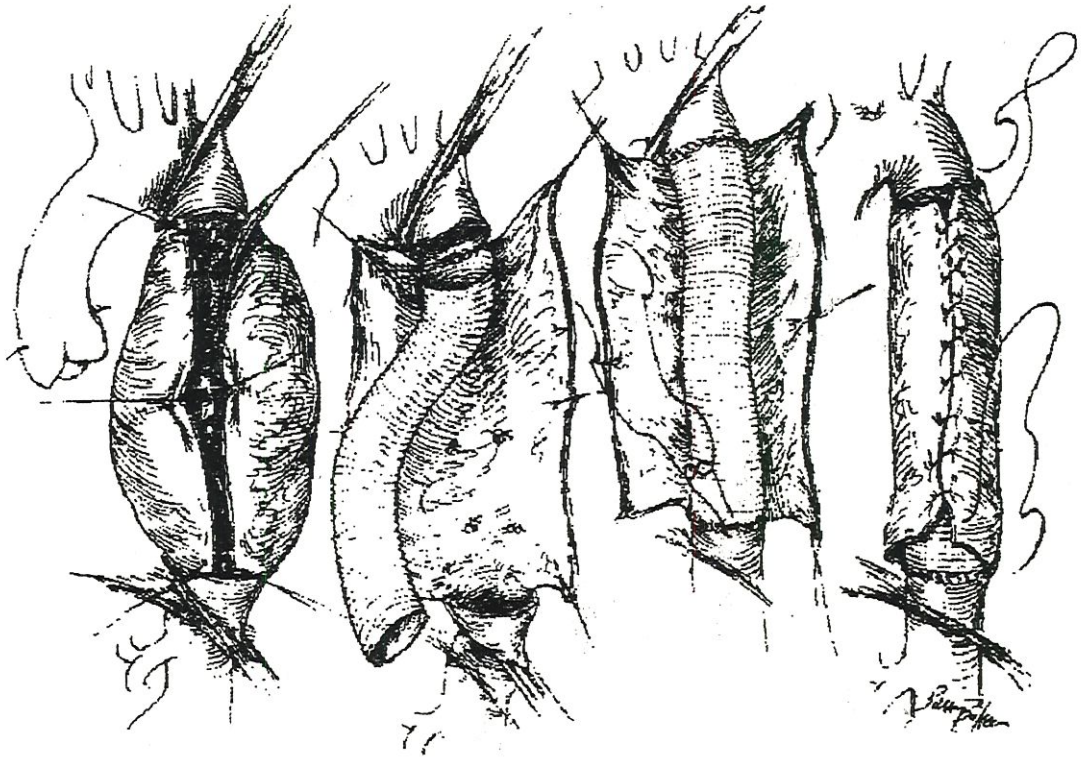
การรักษา^(6,7,8,9)

ข้อบ่งชี้ในการผ่าตัดยังไม่มีข้อสรุปที่แน่นอน แต่ที่พอจะใช้เป็นแนวทางคือ⁽⁷⁾

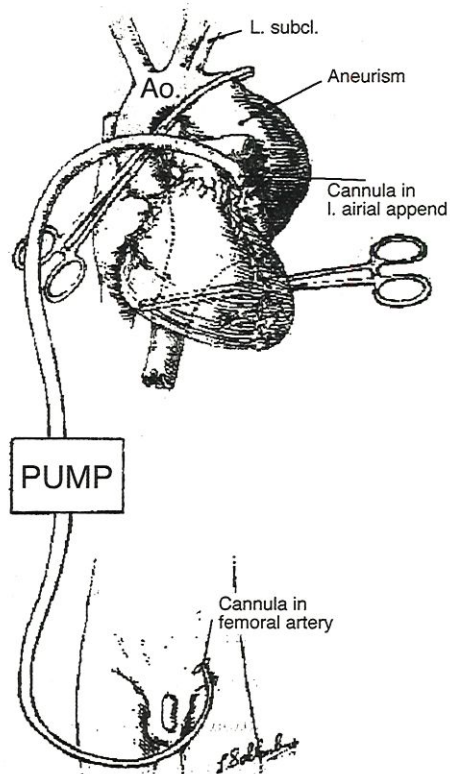
1. aneurysm มีขนาดใหญ่มากกว่า 6 ซม.
2. aneurysm มีขนาดใหญ่อันตรายรวดเร็ว
3. มีอาการของ aneurysm

Standard surgical treatment ของ descending aortic aneurysm คือ aneurysmectomy with graft replacement (รูปที่ 1) ยกเว้นในกรณีของ saccular aneurysm ที่มีฐานแคบๆ อาจใช้เพียง partially occluding clamp จากนั้นจึงตัดส่วนที่เป็น aneurysm ออกไป

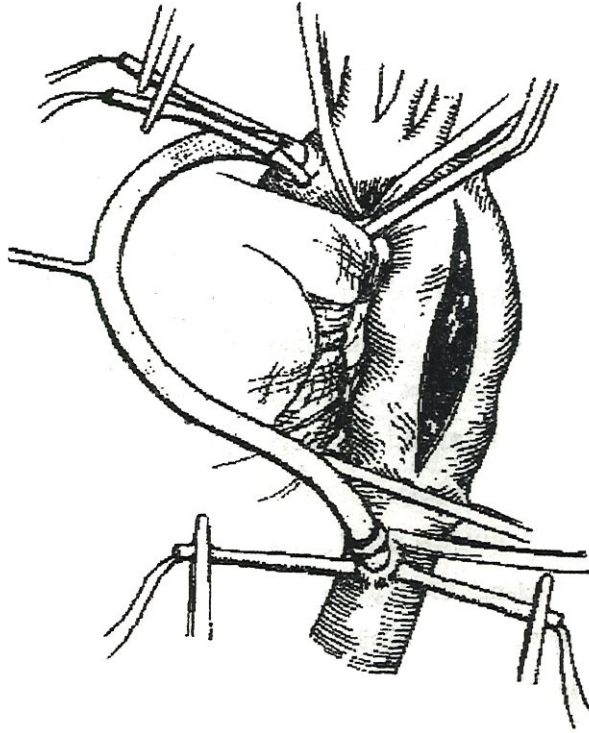
เทคนิคร่วมกับการทำ aneurysmectomy with graft replacement นั้น สามารถแบ่งได้เป็น



รูปที่ 1 แสดง aneurysmectomy with graft replacement



รูปที่ 2 แสดงการทำ Left heart bypass



รูปที่ 3 แสดง Aorto-aortic shunt

1. Simple aortic cross clamp without distal perfusion support
2. aortic cross clamp with distal perfusion support by bypass / shunt technique
3. profound hypothermic with circulatory arrest

การไม่ใช้ bypass / shunt มีข้อดีคือ ไม่ต้องใช้ heparin และทำได้รวดเร็ว ทำให้สามารถควบคุมการเสียเลือดในกรณีที่มี aneurysm แตกได้เร็ว แต่มีข้อเสียคือ จะไม่มีเลือดไปหล่อเลี้ยงส่วน distal ของร่างกาย ซึ่งอาจทำให้เกิดไตล้มเหลวและไตวายได้ นอกจากนั้นขณะที่ทำ aortic cross clamp จะมีการเพิ่มขึ้นทันทีของ peripheral resistance และ ventricular afterload จึงเพิ่มการทำงานของหัวใจและเพิ่มการใช้ออกซิเจนของหัวใจ และถ้า heart strain รุนแรงมาก อาจทำให้เกิด ventricular fibrillation, heart failure และ cardiac arrest ได้ ทำให้ต้องใช้ vasodilator เช่น nitropusside ช่วยควบคุม proximal hypertension แต่ขณะเดียวกัน vasodilator ก็อาจทำให้เกิด visceral steal phenomenon ซึ่งทำให้ collateral blood flow สูญเสียลงได้ นอกจากนั้นแล้วเมื่อทำการ off clamp จะพบว่ามี hypotension และ acidosis เกิดขึ้นได้ การใช้เทคนิค bypass / shunt มีข้อดีคือ

สามารถควบคุม proximal hypertension ได้ง่ายขึ้น นอกจากนั้นแล้ว การใช้ bypass shunt จะทำให้ distal part ได้รับเลือดหล่อเลี้ยงอย่างเพียงพอ ช่วยให้ renal blood flow และ spinal cord collateral blood flow อยู่ในระดับที่น่าพอใจ และเมื่อ off clamp แล้วปัญหา hypotension เกิดขึ้นได้น้อย

Bypass และ shunt มีวิธีทำได้หลายวิธี โดยมีจุดประสงค์เพื่อเพิ่ม distal perfusion แต่ที่นิยมใช้กันได้แก่

1. Left femoral vein-left femoral artery bypass
2. Left atrium-left femoral artery bypass (left heart bypass)
3. Aorto-aortic shunt หรือ aorto-left femoral artery shunt

Left femoral vein-left femoral artery bypass ใช้ร่วมกับ systemic anticoagulant, pump และ oxygenator โดยเลือดจาก femoral vein จะเข้าสู่ oxygenator เพื่อให้ออกซิเจน จากนั้นจะผ่าน pump เพื่อฉีดเลือดออกจาก femoral artery เพื่อให้เลือดไปเลี้ยงส่วน distal

Left heart bypass เป็นการนำเลือดใน left atrium ที่ได้รับ oxygen จากปอดแล้ว ผ่าน pump เพื่อฉีดเลือดออกจาก left femoral artery

Aorto - aortic shunt เป็นวิธีนำเลือดจาก proximal part มายัง distal part , ในกรณีที่ใช้ heparin-bounded Gott-shunt ซึ่งเป็น polyvinyl catheter coated with tridodecylmethylammonium chloride (TDMAC) และ bound กับ heparin จะทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้ systemic anticoagulant

Cell saver device ซึ่งทำหน้าที่ cell washer และ reinfusion สามารถที่จะใช้ร่วมกับ bypass ได้ โดยสามารถที่จะลดความต้องการใช้เลือดลงได้ การใช้ Homologous blood transfusion ก็เป็นอีกวิธีหนึ่ง ที่จะลดความต้องการใช้เลือดได้

Profound hypothermic with circulatory arrest: ทำได้โดยใช้ cardiopulmonary bypass ลดอุณหภูมิเลือดผู้ป่วยลงจนถึง 13-15°C จากนั้นจึงหยุด pump ซึ่งจะทำให้เกิด circulatory arrest กล่าวคือผู้ป่วย อยู่ในภาวะที่ไม่มีโลหิตไหลเวียนและอุณหภูมิต่ำ ซึ่งอุณหภูมิที่ต่ำทำให้ brain และ spinal cord สามารถทนต่อการขาดเลือดได้อย่างน้อย 45 นาที^(8,12) วิธีนี้เหมาะสำหรับ aneurysm ขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถทำ aortic cross clamp ได้ Kieffer E et al 1994⁽¹³⁾ พบว่า hypothermic circulatory arrest ได้ผลดีสำหรับการผ่าตัด complex aortic aneurysm ซึ่งไม่สามารถทำ aortic cross clamp ได้และสามารถป้องกัน spinal cord ischemia ได้

ในปัจจุบันนี้ยังมีข้อขัดแย้งอยู่ว่า วิธีการใดจะดีที่สุดในการรักษาผู้ป่วย

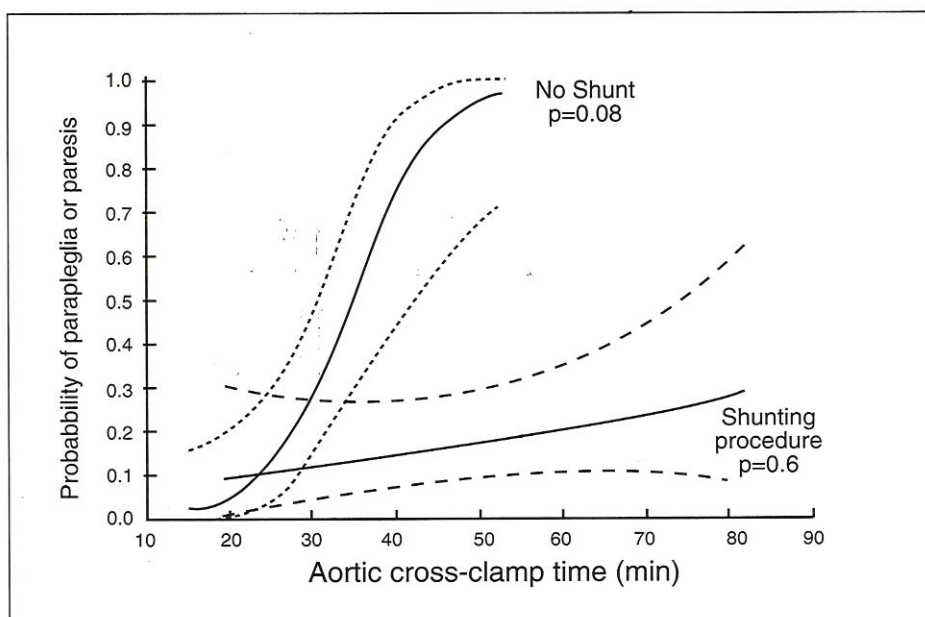
Livesay JJ et al 1985⁽¹⁴⁾ ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคในการรักษาในผู้ป่วย descending thoracic aneurysm จำนวน 360 คน ในปี 1971-1983 โดยแบ่งเป็นพวกที่ใช้ simple cross clamp, femorofemoral bypass และ shunting ระหว่าง proximal และ distal circulation พบว่าไม่มีความแตกต่างของ mortality rate, paraplegia และ renal failure ในผู้ป่วยทั้งสามกลุ่ม แต่พบว่า paraplegia จะเกิดมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อ aortic cross time นานเกิน 30 นาที และพบว่ามี bleeding เพิ่มขึ้นในผู้ป่วยที่ใช้ bypass/shunt อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากผู้ป่วยกลุ่มนี้ต้องใช้ heparin ($p < 0.05$) ตารางที่ 2

Crawford ES et al 1981⁽¹⁵⁾ ได้ทำการรักษาผู้ป่วย descending aortic aneurysm จำนวน 112 คนในปี 1962-1980 โดยวิธี simple aortic cross clamp without distal perfusion support พบว่าระหว่างปี 1962-1976 มีผู้ป่วยทั้งหมด 43 ราย มี mortality rate 14% , paraplegia 2% ส่วนในปี 1976-1980 มีผู้ป่วยที่ทำการศึกษา 69 คน พบว่ามี mortality rate 6% และไม่มี paraplegia เกิดขึ้นเลย ซึ่ง Crawford ES ได้แสดงถึงความปลอดภัยของการใช้วิธี simple aortic cross clamp

Kart NM et al 1981⁽¹⁶⁾ ได้ทำการศึกษาถึงปัจจัย

ตารางที่ 2 Result of descending thoracic aneurysmectomy

	Femorofemoral bypass (N = 75) %	Proximal - distal shunt (N = 22) %	Simple aortic cross clamp (N = 263) %
Early Death	16	9	11
Morbidity			
Paraplegia	7	9	7
Renal failure	7	9	5
Hemorrhage	12*	18*	6



กราฟที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง aortic cross-clamp time กับ paraplegia

ตารางที่ 3 Operative mortality and morbidity for patients undergoing resection of the descending aorta

Operative technique	Total No. of patients	Operative death		Paraplegia	Permanent renal failure	Pulmonary problem	Coagulopathy
		No.	%				
Gott shunt	30	6	20	0	0	2	0
No shunt	11	2	18	2	0	0	0
Femorofemoral bypass	7	0	0	0	0	0	1
Total	48	8	16.6	2	0	2	1

เสี่ยงที่ทำให้เกิด paraplegia ระหว่างการผ่าตัดในผู้ป่วย 33 คน พบว่าถ้าช่วงเวลาทำ aortic cross clamp น้อยกว่า 30 นาทีแล้ว ผู้ป่วยทั้งกลุ่มที่ทำและไม่ได้ทำ distal perfusion support จะมีโอกาสเกิด paraplegia เท่ากัน แต่ถ้าระยะเวลาระหว่างทำ aortic cross clamp มากกว่า 30 นาทีแล้ว พบว่าผู้ป่วยที่ทำ distal perfusion support มีโอกาสเกิด paraplegia น้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ทำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Segesser LK et al 1993⁽¹⁷⁾ ได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้ distal support กับ simple cross clamp ในผู้ป่วย 91 คน พบว่า distal support ให้ผลการรักษาดีกว่า เนื่องจาก

post-op renal failure น้อยกว่า, มี mortality rate น้อยกว่า และปัญหาเรื่อง metabolic acidosis หลังจาก declamping น้อยกว่า โดยมีโอกาสเกิด paraplegia หรือ paraparesis เท่ากัน

Culliford AT et al 1983⁽¹⁸⁾ ได้ทำการศึกษา retrospective ในปี 1976-1980 เปรียบเทียบผลของการรักษาโดยวิธี femorofemoral bypass, Gott shunt และ no shunt technique พบว่า femorofemoral bypass ได้ผลดีในการรักษามากกว่าวิธีอื่นๆ (ตารางที่ 3)

Verdant A et al 1995⁽¹⁹⁾ ได้รายงานถึง ประสพการณ์ 20 ปีในการรักษาผู้ป่วย 335 คนโดยใช้ Gott shunt เพื่อเชื่อม proximal และ distal circulation พบว่ามี mortality rate ทั้งหมด 12% (ถ้าไม่รวมผู้ป่วย rupture aneurysm จะมี mortality rate 9.9%) , renal failure 0.2% และไม่พบว่ามี paraplegia เลยแม้แต่รายเดียว ซึ่ง Verdant A et al ได้แนะนำว่า Gott shunt เป็นวิธีที่ดีในการรักษา descending aortic aneurysm

โดยสรุปแล้ว การรักษา descending thoracic aortic aneurysm ยังไม่มีข้อสรุปที่แน่นอน แต่เนื่องจากวิธี simple cross clamp นั้นมีข้อมูลแสดงให้เห็นว่าควรทำ aortic cross clamp ให้น้อยกว่า 30 นาที มิฉะนั้นจะเสี่ยงต่อเกิด paraplegia ซึ่งการผ่าตัดที่ต้องทำด้วยความรวดเร็วเช่นนี้ ทำให้ศัลยแพทย์ส่วนใหญ่เลือกใช้วิธี bypass / shunt มากกว่า

ผลการรักษาและภาวะแทรกซ้อน⁽⁶⁾

ผลของการผ่าตัดขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดยทั่วไปแล้วอัตราการตายมีประมาณ 8%-20% สาเหตุการตายที่สำคัญ คือ cardiac disease (myocardial infarction, arrhythmia, congestive heart failure) 25%-30%, bleeding 15-30% , สาเหตุอื่นๆคือ prolong respiratory failure , sepsis, multisystem organ failure , ect. ปัจจัยที่ทำให้ mortality rate สูงคือการรีบเร่งในการผ่าตัด (มักเนื่องจาก aneurysm แตก), congestive heart failure, ผู้ป่วยสูงอายุ ซึ่งพบว่าในผู้ป่วยที่อายุมากกว่า 70 ปี จะมีอัตราการตายถึง 30% renal failure เกิดใน 5-10% ของผู้ป่วย และเกิดบ่อยในผู้สูงอายุเนื่องจากมี arteriosclerosis ของ renal artery, เกิดได้ง่ายถ้าไม่มี distal perfusion หรือมี hypotension ระหว่างผ่าตัด

paraplegia และ paraparesis จากไขสันหลังขาดเลือด เป็นภาวะแทรกซ้อนที่สำคัญ พบว่าเกิดขึ้นใน 4-10% ของผู้ป่วย ซึ่งเมื่อเกิด paraplegia ขึ้นแล้ว อาจมีโรคแทรกซ้อนของ paraplegia เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตหลังผ่าตัดได้ง่ายขึ้น

Long term survival ในผู้ป่วยที่สามารถกลับบ้านได้ พบว่า posttraumatic aneurysm มี 5-years survival rate ประมาณ 80%-100% ในขณะที่ผู้ป่วยที่เป็น arteriosclerosis มี 5-years survival rate แค่ 40-65% โดยสาเหตุการเสียชีวิตส่วนใหญ่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับ aneurysm หรือการผ่าตัด แต่เสียชีวิตเนื่องจาก CVA และ cardiovascular events

ไขสันหลังขาดเลือด (Spinal cord ischemia)

ระบบเลือดหล่อเลี้ยงไขสันหลังในมนุษย์มีความแปรผันมาก ในระยะ embryo จะมี 62 radicular arteries ซึ่งหล่อเลี้ยงไขสันหลัง และจะค่อยๆเสื่อมสลายไปจนกระทั่งในผู้ใหญ่จะมีเหลือเพียง 2 - 5 เส้น, 75% ทางด้านหน้าของไขสันหลัง ได้เลือดหล่อเลี้ยงมาจาก anterior spinal artery ซึ่งแคบมากในบริเวณส่วน กลางและส่วนล่างของไขสันหลัง ส่วนทางด้านหลังได้รับเลือดมาจาก posterior spinal artery ซึ่งมี 2 เส้น, ในไขสันหลังเหนือระดับ superior cervical segment พบว่า anterior และ posterior spinal arteries ได้รับเลือดมาจาก vertebral artery โดยส่วนที่เหลือได้รับเลือดมาจาก radicular artery ซึ่งเป็นเส้นเลือดที่มาจาก spinal branch ของ vertebral, deep cervical, ascending cervical, posterior intercostal, lumbar และ lateral sacral artery โดย radicular artery เหล่านี้จะแยกเป็น anterior และ posterior radicular artery ซึ่ง anastomosis กับ anterior และ posterior spinal artery ตามลำดับ โดยในไขสันหลังส่วนล่างตั้งแต่ระดับ inferior thoracic ลงมา (ประมาณ T8) จะพบว่ามีเส้นเลือด radicular artery เส้นใหญ่ 1 เส้นหล่อเลี้ยงไขสันหลัง ซึ่งเรียกว่า artery of Adamkiewicz ซึ่งให้เลือดเลี้ยงไขสันหลังผ่านทาง anterior spinal artery (ในระดับไขสันหลังส่วนล่าง 2/3 พบว่า anterior spinal artery เป็นเส้นเลือดหลักในการนำเลือดมาเลี้ยงทั้งไขสันหลัง)⁽²⁰⁾ ส่วนใหญ่ artery of Adamkiewicz จะเข้าไปยังไขสันหลังระหว่าง nerve root T9 ถึง T12 (75%) ส่วนน้อยจะระหว่าง T5 ถึง T8 (15%) และระดับ L1 ถึง L2 (10 %)⁽⁹⁾, ถ้ามีการอุดตันของ artery of Adamkiewicz จะพบว่ามีโอกาสเกิดของ paraplegia ได้สูง, โดยสรุปแล้ว จากความแปรผันที่มีมากของระบบเลือดที่หล่อเลี้ยงไขสันหลังนี้เอง ทำให้คาดเดาได้ยากกว่าผู้ป่วยใดจะเกิด paraplegia ขึ้น

Pathophysiology ของไขสันหลังขาดเลือด⁽¹²⁾

1) ความรุนแรงของการขาดเลือดในระยะแรก : จากกายวิภาคของระบบเลือดหล่อเลี้ยงไขสันหลังแสดงให้เห็นว่า ถ้ายังทำ proximal aortic cross clamp สูงเท่าใด โอกาสเกิด paraplegia ก็ยิ่งมากขึ้นเท่านั้น, ในบางสถานการณ์ การทำ aortic cross clamp ทางด้าน proximal ใต้ต่อ left subclavian artery ทำได้ลำบาก ดังนั้นจึงต้องทำ aortic cross clamp ที่ aortic arch ระหว่าง left common carotid artery และ left subclavian artery

รวมทั้งต้อง cross clamp บริเวณส่วนต้นของ left subclavian artery ด้วยเพื่อป้องกันเลือดไหลย้อนกลับมา แต่เนื่องจากไขสันหลังส่วนบนนั้นหล่อเลี้ยงด้วยแขนงของ vertebral artery ซึ่งเป็นแขนงจาก subclavian artery ดังนั้นการทำ aortic cross clamp เหนือจุดกำเนิดของ left subclavian artery จึงเพิ่มความเสี่ยงต่อไขสันหลังขาดเลือด แต่อย่างไรก็ตาม จากการสังเกตของ Crawford ES et al 1981⁽¹⁵⁾ พบว่าการทำ subclavian artery clamping ไม่ทำให้โอกาสเกิด paraplegia มีมากขึ้น

โดยปกติแล้วคัลลัสแพทย์จะต่อ intercostal artery เข้ากับ graft โดยเลือกเอา intercostal artery เส้นใหญ่และมีเลือดไหลซึมกลับออกมามาก เนื่องจากมีโอกาสเป็นเส้นเลือดหลักที่ไปหล่อเลี้ยงไขสันหลัง ดังนั้นจึงได้มีการทำ preoperative angiography เพื่อหาตำแหน่งของเส้นเลือดที่นำเลือดไปเลี้ยงไขสันหลัง เพื่อที่จะวางแผนการผ่าตัด แต่จากการศึกษาของ Williams GH et al 1991⁽²¹⁾ ได้ทำการศึกษาก่อนการผ่าตัด artery of Adamkiewicz ก่อนการผ่าตัด ในผู้ป่วย 40 คน พบว่าผู้ป่วยที่มีโอกาสการเกิด paraplegia มากที่สุดคือผู้ป่วยที่มี origin of artery of Adamkiewicz ในบริเวณที่อยู่ใน aortic cross clamp แม้ว่าผู้ป่วยเหล่านั้นจะได้ทำ mid graft anastomosis (artery reimplant) แล้วก็ตาม แต่จะไม่พบ paraplegia เลย ถ้า artery of Adamkiewicz อยู่นอกบริเวณที่ทำ cross clamp จากผลการทดลองนี้คัลลัสแพทย์บางท่านเห็นว่าการทำ preoperative angiography ไม่มีประโยชน์ เนื่องจากการ reimplant artery ก็ไม่สามารถลดการเกิด paraplegia⁽¹²⁾

ระยะเวลาในการทำ aortic cross clamp ก็มีความสำคัญต่อการเกิด paraplegia จากการศึกษาก่อนของ Kart NM et al 1981⁽¹⁶⁾ และ Livesay JJ et al 1985⁽¹⁴⁾ พบว่า ถ้า cross clamp time นานกว่า 30 นาที โอกาสการเกิด paraplegia จะเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

สรุปได้ว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความรุนแรงของการขาดเลือดของไขสันหลัง คือ ถ้ามี collateral circulation ดี ไม่มี hypotension ใน proximal circulation และเวลาในการทำ aortic cross clamp สั้น จะมีการขาดเลือดน้อย, การทำ aortic cross clamp ยิ่งทำสูงยิ่งมีโอกาสขาดเลือดมาก และถ้า artery of Adamkiewicz อยู่ในช่วงของ aortic cross clamp จะทำให้ไขสันหลังขาดเลือดได้ง่าย, นอกจากนั้นแล้วในระหว่างการทำ aortic

cross clamp จะพบว่า distal circulation pressure ลดลง แต่ CSF pressure เพิ่มขึ้น (จากปริมาณ CSF เพิ่ม และ brain volume เพิ่ม) ดังนั้น spinal cord arterial perfusion pressure (เท่ากับ spinal artery pressure ลบด้วย CSF pressure) จะลดลง ทำให้เลือดไปเลี้ยงเซลล์ประสาทของไขสันหลังได้น้อยลง

2) อัตราการ metabolism ของเซลล์ประสาทในระหว่างขาดเลือด : ถ้าเซลล์ประสาทมี metabolism น้อย จะทำให้ทนต่อการขาดเลือดได้นานขึ้น การลด metabolism อาจทำได้โดยการลดอุณหภูมิของร่างกายลง หรือให้ barbiturate (intravenous pentothal 10-20 mg/kg)

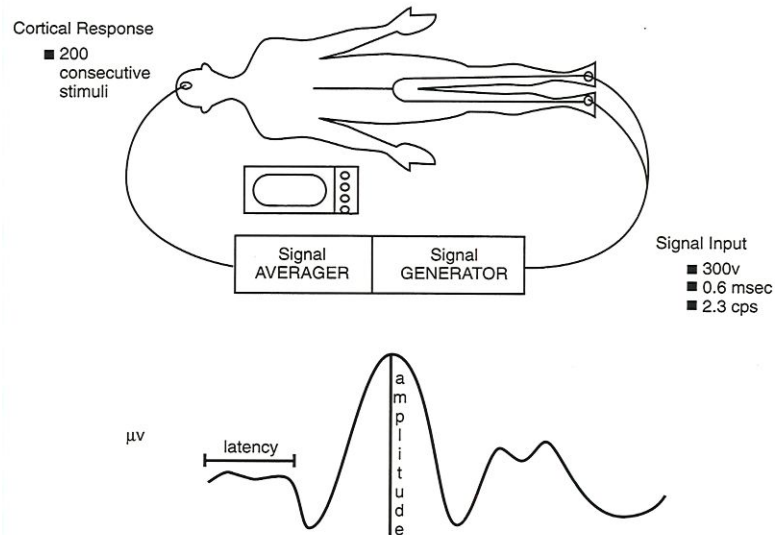
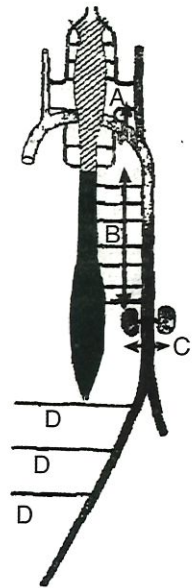
3) Reperfusion injury : เกิดขึ้นเมื่อมีเลือดไหลกลับมาเลี้ยงไขสันหลัง สาเหตุที่ทำให้เกิด spinal cord injury เกิดได้จาก spinal cord hyperperfusion and edema, oxygen free radical, direct and complement-mediated leukocyte activation, มี vasoconstriction จาก arachidonic acid metabolism, neuronal membrane injury และ defect of microcirculatory regulation. Reperfusion injury นี้ เป็นสาเหตุย่อยที่สุดของ delay onset paraplegia ซึ่งแสดงถึงระดับ ischemia ที่อยู่ระหว่าง paraplegia ทันทีกับ non-paraplegia การตรวจการทำงานของไขสันหลังระหว่างผ่าตัด (Intra-operative spinal cord monitoring)

Somatosensory evoked potential (SEP)⁽⁶⁾ เป็นวิธีวัดการทำงานของไขสันหลัง ทำได้โดยกระตุ้น peripheral nerve จากนั้นวัดกระแสไฟฟ้าบริเวณ post central gyrus ในกรณีที่มีความผิดปกติ จะพบว่า SEP tracing จะมี latency ยาวขึ้น และมี amplitude ลดลง จากการทดลองในผู้ป่วยกลุ่มเล็กๆจำนวน 33 คน พบว่า ถ้า SEP loss < 30 min. แล้ว ไม่มีผู้ป่วยที่เป็น paraplegia เลย แต่ถ้า SEP loss > 30 min. แล้ว จะพบว่าผู้ป่วยมี paraplegia ถึง 71% ข้อเสียของ SEP คือ มี false negative เนื่องจากการวัด sensory function ซึ่งนำโดย dorsal column ขณะที่ motor fiber อยู่ทางด้านหน้า ดังนั้นจึงอาจพบผู้ป่วยที่มี paraplegia แต่ SEP normal ได้ และ SEP ก็ไม่สามารถบอก delay onset of paraplegia ได้ ส่วน false positive ของ SEP ก็สามารถพบได้ในกรณีที่มี peripheral nerve ischemia โดยไม่มี spinal cord ischemia⁽¹²⁾

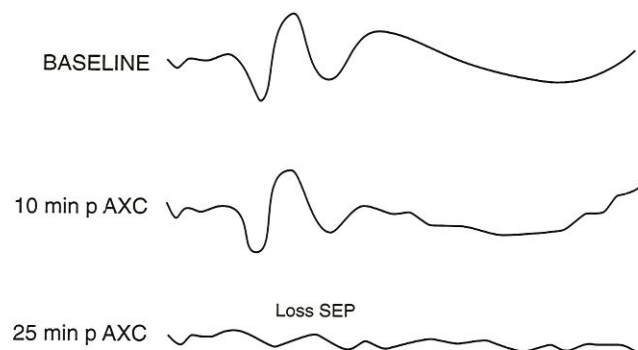
เทคนิคอื่นๆเพื่อป้องกันไขสันหลังขาดเลือด

เนื่องจาก paraplegia เป็นภาวะแทรกซ้อนที่สำคัญ

รูปที่ 4 แสดงถึง spinal cord blood supply และการทำ aortic cross clamp จะเห็นว่า ถ้าทำ cross clamp ที่ระดับ A จะมีโอกาส paralgia มากกว่า ระดับ B และจะมีโอกาสเกิด paraplegia น้อยมากถ้าทำ aortic cross clamp ในระดับ C เช่นทำการผ่าตัด infrarenal aortic aneurysm



รูปที่ 5 แสดงการทำ somatosensory evoked potential และลักษณะปกติ



รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างของการ loss SEP เมื่อทำ aortic cross clamp นาน 25 นาที

ดังนั้นจึงได้มีการทดลองในสัตว์ทดลองและมนุษย์ เพื่อที่จะหาทางป้องกันภาวะแทรกซ้อนนี้

- Evoked spinal cord potentials (ESCP) โดย Yamamoto N et al 1994⁽²²⁾ เป็นการวัด การทำงานของไขสันหลัง โดยได้ทำการทดลอง ในมนุษย์โดยใช้ electrode ที่ dorsal epidural space บริเวณ cervical และ lumbar spine จากนั้นใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นที่ cervical spinal cord จากนั้นวัดกระแสไฟฟ้าที่ lumbar spinal cord พบว่ามีความแม่นยำกว่า SEP และไม่ถูกรบกวนโดย peripheral nerve ischemia

- Motor evoked potential (MEP) โดย Laschinger JC et al 1988⁽²³⁾ เป็นการวัดการ ทำงานของไขสันหลัง โดยได้ทำการทดลองในสุนัขโดยใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นที่ intervertebral disk บริเวณ T4 จากนั้นวัด anterior spinal cord conduction บริเวณ T10,L1 และ L4 พบว่ามีความแม่นยำในการทำนาย paraplegia ที่เกิดขึ้น, MEP ได้เปรียบกว่า SEP เนื่องจากเป็นการวัด motor function โดยตรง ขณะที่ SEP เป็นการวัด sensory function

- Selective hypothermia of spinal cord : Wisselink W et al 1994⁽²⁴⁾ ได้ทำการทดลองในสุนัข โดยทำการ circulate CSF บริเวณ medullary cone ถึง cisterna magna และทำการลดอุณหภูมิของ CSF ลงถึง 20 C พบว่า spinal cord สามารถทนต่อ ischemia ได้ดีขึ้น

- Cerebrospinal fluid drainage : เนื่องจาก spinal cord perfusion pressure เท่ากับ spinal artery pressure ลบด้วย CSF pressure ดังนั้นการลด CSF pressure อาจช่วยให้ spinal cord blood flow ดีขึ้น McCullough JL et al 1988⁽²⁵⁾ ได้ทำการทดลองในสุนัข พบว่า CSF drainage ซึ่งทำให้ CSF pressure ลดลง สามารถลดการเกิด paraplegia ได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตาม Crawford ES et al 1991⁽²⁶⁾ ได้ทำการทดลองในมนุษย์พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มที่ทำ CSF drainage กับกลุ่มที่ไม่ได้ทำ CSF drainage

- Intrathecal papaverine : เนื่องจาก intrathecal papaverine ทำให้เกิด anterior spinal artery vasodilatation ซึ่งเพิ่ม spinal cord collateral blood flow ดังนั้น Svensson LG et al 1988⁽²⁷⁾ ได้ทำการทดลอง ในมนุษย์โดยใช้ intrathecal papaverine พบว่าการเกิด paraplegia มีน้อยลง

- Intravenous naloxone : จากการศึกษาพบว่า endogenous opiate มี negative effect ต่อ motor neuron function และ spinal cord blood flow ดังนั้นการใช้ naloxone จึงน่าจะช่วยให้โอกาสเกิด paraplegia น้อยลง Acher CW et al 1994⁽²⁸⁾ ได้ทำการทดลองในมนุษย์ พบว่าการใช้ intravenous naloxone ร่วมกับ CSF drainage สามารถลดโอกาสเกิด paraplegia ได้

- Steroid : Laschinger JC et al 1984⁽²⁹⁾ ได้ทำการทดลองในสุนัขโดยให้ methylprednisolone (30 mg/ Kg) ก่อนทำ aortic cross clamp พบว่าสามารถลดการเกิด paraplegia ได้

- Calcium channel blocker : เนื่องจาก calcium เป็นปัจจัยหนึ่งใน reperfusion injury โดยพบว่า calcium influx เข้าไปใน smooth muscle ทำให้มี vasoconstriction ประกอบกับ thromboxane และ free radical oxygen ที่มีระดับสูงเกี่ยวข้องกับระดับ calcium ที่สูงขึ้น ดังนั้น calcium channel blocker น่าจะสามารถลดการเกิด reperfusion injury ได้ Gelbfish JS et al 1986⁽³⁰⁾ ได้ทำการทดลองในสุนัข พบว่าการให้ verapamil ก่อนทำ aortic cross clamp สามารถลดการเกิด paraplegia ได้

- Oxygen free radical scavenger : เนื่องจาก oxygen free radical เป็นสาเหตุหนึ่งของ reperfusion injury , Lim KH et al 1986⁽³¹⁾ ได้ทำการทดลองในสุนัข พบว่าการใช้ superoxide dismutase สามารถลดการเกิด paraplegia ได้

References

1. Crawford ES, Crawford JL. *Diseases of the aorta including an atlas of angiographic pathology and surgical technique*. Philadelphia : W.B. Saunder, 1984. 61-77
2. Bickerstaff LK, Pairolero PC, Hollier LH, Melton LJ, Van Peenen HJ, Cherry KJ, et al. Thoracic aortic aneurysm: A population-based study. *Surgery* 1982; 92: 1103-8
3. Pressler V, McNamara JJ. Thoracic aortic aneurysm: Natural history and treatment. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1980; 79: 489-98
4. Perko MJ, Norgaard M, Herzog TM, Olsen PS, Schroeder TV, Pettersson G. Unoperated aortic aneurysm: A survey of 170 patients. *Ann Thorac Surg* 1995; 59:1204-9
5. Johansson G, Markstrom U, Swedenborg J. Rupture thoracic aortic aneurysm: A study of incidence and mortality rates. *J Vasc Surg* 1995; 21: 985-8
6. Rose DM, Laschinger JC, Cunningham JN Jr. Descending thoracic aortic aneurysm. In: Baue AE, Geha AS, Hammond GL, Laks H, Naunheim KS. *Glen's thoracic and cardiovascular surgery*. Philadelphia : W.B. Saunder, 1991. 1943-54
7. Cohn LH. Thoracic aortic aneurysm and aortic dissection. In: Sabiston DC jr, Spencer FC. *Surgery of the Chest*. 5th ed. Philadelphia : W.B. Saunders, 1990. 1182-210
8. Coselli JS, Buket S, Crawford ES. Thoracic aortic aneurysm. In Haimovici H, Ascer E, Hollier LH, Strandness DE Jr, Towne JB. *Haimovici's vascular surgery*. 4th ed. USA. : Blackwell Science, 1996. 759-85
9. Piccione W Jr, Delaria GA, Najafi H. Descending thoracic aneurysm. In: Bergan JJ, James ST. *Aortic surgery*. Philadelphia : W.B. Saunders, 1989. 247-66
10. Dinsmore RE, Liberthson RR, Wismer GL, Miller SW, Liu P, Thompson R, et al. Magnetic resonance imaging of thoracic aortic aneurysm: comparison with other imaging method. *AJR* 1986; 146: 309-14
11. Glazer HS, Gutierrez FR, Levitt RG, Lee JKT, Murphy WA. The thoracic aorta studied by MR imaging. *Radiology* 1985; 157: 149-55
12. Hollier LH. Pathophysiology of spinal cord ischemia. In: White RA, Hollier LH. *Vascular surgery : basic science and clinical correlations*. 1994. Philadelphia : JB Lippincott, 1994. 347-58
13. Kieffer E, Koskas F, Walden R, Godet G, Blevet DL, Bahnini A, et al. Hypothermic circulatory arrest for thoracic aneurysmectomy through left side thoracotomy. *J Vasc Surg* 1994; 19:457-64
14. Livesay JJ, Cooley DA, Ventemiglia RA, Montero CG, Warrian RK, Brown DM, et al. Surgical experience in descending thoracic aneurysmectomy with an without adjuncts to avoid ischemia. *Ann Thorac Surg* 1985; 39: 37-46
15. Crawford ES, Walker HS, Saleh SA, Normann NA. Graft replacement of aneurysm in descending thoracic aorta: result without bypass or shunting. *Surgery* 1981; 89: 73-85
16. Kart NM, Blackstone EH, Kirklin JW, Karp RB. Increment risk factors for spinal cord injury following operation for acute traumatic aortic transection. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1981; 81: 669-74
17. Segesser LK, Killer I, Jenni R, Lutz U, Turina MI. Improved distal circulation support for repair of descending thoracic aortic aneurysm. *Ann Thorac Surg* 1993; 56: 1373-80
18. Culliford AT, Ayvaliotis B, Shemin R, Colvin SB, Isom W, Spencer FC. Aneurysm of the descending aorta: surgical experience in 48 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1983; 85: 98-104
19. Verdant A, Cossette R, Page A, Baillot R, Dontigny L, Page P. Aneurysm of the descending thoracic aorta: three hundred sixty-six consecutive cases resected without paraplegia. *J Vasc Surg* 1995; 21: 385-91

20. Moore KL. Spinal cord and meninges. In: Moore KL. *Clinically oriented anatomy* 3rd ed. Philadelphia : Williams & Wilkins, 1992: 359-71
21. Williams GM, Perler BA, Burdick JF, Osterman FA, Mitchell S, Merine D, et al. Angiographic localization of spinal cord blood supply and its relationship to postoperative paraplegia. *J Vasc Surg* 1991; 13:23-35
22. Yamamoto N, Takano H, Kitagawa H, Kawaguchi Y, Tsuji H, Uozaki Y. Monitoring for spinal cord ischemia by use of evoked spinal cord potentials during aortic aneurysm surgery. *J Vasc Surg* 1994; 20: 826-33
23. Laschinger JC, Owen J, Rosenbloom M, Cox JL, Kouchoukos NT. Direct noninvasive monitoring of spinal cord motor function during thoracic aortic occlusion: use of motor evoked potentials. *J Vasc Surg* 1988; 7: 161-71
24. Wisselink W, Becker MO, Nguyen JH, Money SR, Hollier LH. Protecting the ischemic spinal cord during aortic cross clamping: the influence of selective hypothermia and spinal cord perfusion pressure. *J Vasc Surg* 1994; 19: 788-96
25. McCullough JL, Hollier LH, Nugent M. Paraplegia after thoracic aortic occlusion: influence of cerebrospinal fluid drainage. *J Vasc Surg* 1988; 7: 153-60
26. Crawford ES, Svensson LG, Hess KR, Shenaq SS, Coselli JS, Safi HJ, et al. A prospective randomized study of cerebrospinal fluid drainage to prevent paraplegia after high-risk surgery on the thoracoabdominal aorta. *J Vasc Surg* 1991; 13: 36-46
27. Svensson LG, Stewart RW, Cosgrove DM 3d, Lytle BW, Antunes MD, BEven EG, et al. Intrathecal papaverine for the prevention of paraplegia after operation on the thoracic or thoracoabdominal aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1988; 96: 823-9
28. Acher CW, Wynn MM, Hoch JR, Popic P, Archibald J, Turnipseed WD. Combined use of cerebral spinal fluid drainage and naloxone reduces the risk of paraplegia in thoracoabdominal aneurysm repair. *J Vasc Surg* 1994; 19: 236-48
29. Laschinger JC, Cunningham JN, Cooper MM, Krieger K, Nathan IM, Spencer FC. Prevention of ischemia spinal cord injury following aortic cross-clamping: use of corticosteroids. *Ann Thorac Surg* 1984; 38:500-7
30. Gelbfish JS, Phillips T, Rose DM, Wait R, Cunningham JN Jr. Acute spinal cord ischemia: prevention paraplegia with verapamil. *Circulation* 1986; 74 (suppl I): I5-I10.
31. Lim KH, Connolly M, Rose D, Siegman F, Jacobowitz I, Acinapura A. Prevention of reperfusion injury of the ischemic spinal cord: use of recombinant superoxide dismutase. *Ann Thorac Surg* 1986; 42: 282-6