

เอกสารประกอบการสอน

วิชา Hand and Microsurgery

เรื่อง Basic microsurgery

นพ.ภพ เหลืองงามมีกร

หน่วยศัลยกรรมทางมือ และจุลศัลยกรรม

ภาควิชาออร์โธปิดิกส์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาฯ

Introduction

การทำ microsurgery ต้องมีการฝึกฝนใน lab โดยต้องมีเวลาประมาณ 4-6 ชม. ที่ไม่มีการรบกวน

ขั้นตอนในการฝึก

- *ชม. ที่ 1* : เรียนรู้การเตรียม lab , การใช้และเก็บรักษาเครื่องมือ และ ฝึกการต่อเส้นเลือด femoral artery, vein, nerve , tibial artery แบบ end-to-end anastomosis ใน non-living model (ถุงมือ, หลอด silicone, ไก่, รก)
- *ชม. ที่ 2* : ฝึกการต่อเส้นเลือดใน non-living model โดยใช้ vein graft และ end-to-side technique
- *ชม. ที่ 3* : ฝึกการต่อเส้นเลือดใน living model (หนู rat)

การเตรียมตัวก่อนการฝึก

เนื่องจากการฝึกต้องใช้เวลานานอย่างน้อย 4-6 ชม. ผู้ฝึกควรพักผ่อนให้เพียงพอก่อนการฝึกฝน และในช่วงเวลาการฝึกฝน ควรดื่มน้ำเพื่อจะได้มีสมาธิในการฝึกปฏิบัติการ นอกจากนี้ในระหว่างการฝึกฝน ควรมีการพักทุก 1-2 ชม. เพื่อลดอาการเหนื่อยล้า และเพิ่มประสิทธิภาพในการฝึกให้ดียิ่งขึ้น

อุปกรณ์การฝึก

1. ชุดเครื่องมือผ่าตัด microsurgery : ประกอบด้วย microforceps 2 ชิ้น, micro needle holder 1 อัน, Microscissor โค้ง 1 อัน, microscissor ตรง 1 อัน, microvascular clamps (approximator และ single clamp) , ฉาก , syringe และ medicut ขนาดเล็ก (No. 24-26G) , saline irrigation, ผ้าก๊อซ
2. ชุดเครื่องมือผ่าตัดเล็ก : ประกอบด้วย adson forceps 1 อัน, กรรไกร iris scissor 1 อัน, arterial clamp ขนาดเล็ก 1 อัน, ด้ามมิดเบอร์ 3 และไบมิดเบอร์ 15
3. ไหมเย็บจุลศัลยกรรม เบอร์ 8-0 ถึง 10-0
4. กล้องจุลทรรศน์ 2 ตา แบบ stereoscope
5. Surgical specimen ได้แก่ หนองไก่ติดสะโพก, ปีกไก่, รก, ถุงมียาง, silicone tube, หนู
6. อุปกรณ์จัดวาง specimen ได้แก่ ถาดรอง specimen, ผ้ารองมือ, โต๊ะวางถาด, แก้วน้ำ



รูปที่ 1 : Instruments for basic microsurgery training

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้งานเครื่องมือ microsurgery

อุปกรณ์ microsurgery มีราคาสูงและบอบบาง ผู้ฝึกจึงต้องมีความระมัดระวังในการใช้งานและการดูแลรักษาเป็นพิเศษเพื่อให้เครื่องมือมีประสิทธิภาพ และใช้งานได้ยาวนาน โดยมีข้อควรระวังในการใช้งานดังนี้

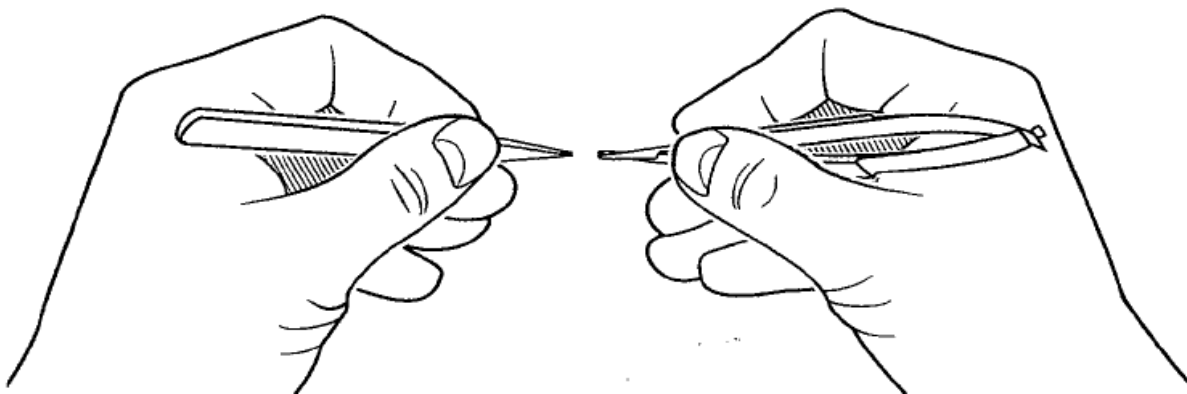
1. ห้ามนำปลายเครื่องมือที่มีความแหลมกระแทกกับโต๊ะหรือของแข็ง เพราะจะทำให้ปลายบิ่นงอและไม่สามารถจับไหม และ เนื้อเยื่อ ขนาดเล็กได้
2. ห้ามนำเครื่องมือ microsurgery ไปใช้ในการ dissect เนื้อเยื่อขนาดใหญ่ที่มีความแข็งและเหนียว
3. การล้างทำความสะอาดเครื่องมือ microsurgery ควรแยกการทำความสะอาดระหว่างเครื่องมือธรรมดา ซึ่งโดยปกติจะใช้เพื่อนำสuture และเช็ดเบาๆ ด้วยความนุ่มนวล ก็เพียงพอ ที่สำคัญ ต้องระวังส่วนปลายแหลมจะมีการกระทบกระแทกจนเสียความแหลมคม และระวังอุปกรณ์ชิ้นเล็กเช่น microclamp สูญหายระหว่างการทำความสะอาด
4. การจัดเก็บอุปกรณ์ microsurgery ควรมีวัสดุนุ่มรองรับ และมีการป้องกันปลายแหลมไม่ให้มีการกระทบกระแทกระหว่างการเก็บ

เครื่องมือ microsurgery แต่ละชิ้นจะมีลักษณะและวิธีการใช้งานเฉพาะตัวดังต่อไปนี้

1. Microforceps : ใช้ในการหยิบจับเนื้อเยื่อขนาดเล็ก ใช้ในการ dilate เส้นเลือดก่อนการต่อ ในบางครั้งยังใช้ในการจับไหมเพื่อผูกปมได้
2. Microscissor
 - a. ปลายโค้ง : ใช้สำหรับตัดแต่งเส้นเลือด และ debride adventitial เพื่อให้ปลายโค้งออกจากเส้นเลือดป้องกันการบาดเจ็บของเส้นเลือดขณะทำการ debridement

- b. ปลายตรง : ใช้ในการตัดหน้าตัดเส้นเลือดให้เรียบ และ ใช้ในการตัดไหม
- 3. Microneedle holder : ใช้ในการจัดเข็มขนาดเล็ก (8-0 ถึง 10-0) ไม่ควรใช้ microneedle holder จัดเข็มขนาดใหญ่กว่า 8-0 เนื่องจากจะทำให้ปลายอุปกรณ์พังและไม่สามารถจับเข็มขนาดเล็กได้ โดยการจับเข็มจะจับที่ประมาณ proximal 1/3 ของเข็ม แต่อาจมีการปรับเปลี่ยนได้ตามมุมมองของการเย็บที่ผู้ฝึกต้องการ
- 4. Microvascular clamp
 - a. Double clamps หรือ Approximator: ใช้ในการยึดเส้นเลือดให้อยู่นิ่งและปรับให้เข้าหากัน โดย approximator จะมีหลายชนิดได้แก่ Acland clamp, Biemer clamp การใช้งานปกติจะอุปกรณ์เช่น smooth forceps หรือ arterial clamp ในการ apply approximator เข้าสู่เส้นเลือด หลังจากนั้นปรับระยะเข้าออก ให้ปลายของเส้นเลือดที่จะต่อชนกัน เพื่อลด tension ป้องกันการ cut through ของไหม
Approximator มีหลายชนิดเพื่อใช้ใน artery และ vein ผู้ฝึกควรเลือก pressure และ ขนาดให้เหมาะสมกับเส้นเลือดที่จะต่อ และไม่ควรใช้ approximator ในการหนีบ structure ที่แข็งเช่น nerve หรือ ureter เนื่องจากทำให้ สปริงเสียหาย และไม่สามารถจับเส้นเลือดขนาดเล็กได้อยู่
 - b. Single clamp: ใช้ในการห้ามเลือด และ ใช้ในการฝึกทำ vein graft และ end-to-side technique

การจับถืออุปกรณ์ microsurgery ควรจัดด้วยส่วน 3 นิ้ว (นิ้วโป้ง นิ้วชี้ นิ้วกลาง) เหมือนจับปากกา โดยให้ส่วนด้านข้างของ finger pulpแตะกับอุปกรณ์เบาๆ และควรจับห่างจากปลายประมาณ 1 นิ้ว การจับแบบนี้อุปกรณ์จะถูกควบคุมด้วย intrinsic muscle ของมือซึ่งจะให้ fine movement มากกว่าการด้วยนิ้ว 2 นิ้ว แบบคิ๊บซึ่งจะควบคุมด้วย extrinsic flexor tendon



รูปที่ 2 : การจับเครื่องมือด้วย tripod maneuver

ด้ามของอุปกรณ์ ควรมีความยาวประมาณ 4-7 นิ้ว โดยขณะใช้งาน ส่วน proximal ของอุปกรณ์ จะวางบนด้านข้างของ index MCP joint เพื่อ stabilized อุปกรณ์ให้อยู่นิ่ง ส่วนของมือบริเวณ ulnar border ของ นิ้วก้อย และ forearm ควรวางแนบกับพื้นโต๊ะหรือมีผ้ารองให้แนบกับโต๊ะ เพื่อลดอาการสั่น (fine and coarse tremor) ซึ่งเกิดจากการเกร็งของกล้ามเนื้อเมื่อแขนและมือลอยจากพื้น

5. อุปกรณ์อื่นๆ สำหรับกระบวนการต่อเส้นเลือดขนาดเล็กจะมีการใช้งานดังนี้
- ฉาก: ใช้วางหลังเส้นเลือดระหว่าง approximator เพื่อเพิ่ม contrast กับเลือดหรือเนื้อเยื่อข้างเคียงซึ่งจะทำให้มองเห็นเส้นเลือดที่ต่อชัดเจนขึ้นและลดความล้าของตาผู้ฝึก โดยปกติฉากจะใช้เป็นแผ่นพลาสติกขนาดเล็ก ซอง suture หรือวัสดุอื่นๆที่ไม่ดูดซับน้ำและมีสีตัดกับเนื้อเยื่อใกล้เคียง โดยควรตัดให้แคบกว่า approximator เพื่อจะใส่ได้ง่าย) ,
 - Syringe และ medicut ขนาดเล็ก: ใช้ในการ irrigate เพื่อล้าง blood clot และ irrigate เพื่อ test proximal และ distal stump ของเส้นเลือดที่จะต่อเพื่อให้แน่ใจว่า ไม่มี blood clot ใน system โดยทั่วไป medicut เบอร์ 24G (สีเหลือง) มีขนาดเหมาะสมกับเส้นเลือดขนาดประมาณ 1 มม. แต่ถ้าเส้นเลือดเล็กกว่า 1 มม. แนะนำให้ใช้ medicut สำหรับเด็ก (ขนาด 26G, สีม่วง)
 - ผ้าก๊อซ: ใช้วางพับเก็บ เพื่อ ให้ contrast กับ เข็มป้องกันเข็มหายขณะไม่ได้ใช้
6. ไหมเย็บจุลศัลยกรรม (เบอร์ 8-0 ถึง 10-0) : ไหมสำหรับเย็บเส้นเลือดควรมีขนาดเหมาะสมกับขนาดเส้นเลือดที่จะเย็บโดยไหม 8-0 เหมาะกับเส้นเลือดขนาดใหญ่กว่า 1 มม. ขึ้นไป ขณะที่ไหมขนาด 10-0 เหมาะกับเส้นเลือดขนาดเล็กกว่า 1 มม. โดยความยาวของไหมที่เหมาะสมคือ 10-12 ซม. ซึ่งจะใช้งานได้ง่ายและไม่เกะกะในการสาวไหม ในส่วนของหัวเข็มควรมี curve ประมาณ 1/2 หรือ 3/8 ขนาดเข็มจะอยู่ในช่วง 3-4 มม. เข็มควรเป็นเข็มกลม เพื่อป้องกันการฉีกขาดของเส้นเลือดขณะเย็บ

ไหมสำหรับเย็บเส้นเลือดมีราคาสูงจึงควรใช้อย่างคุ้มค่า pitfall ที่พบในผู้ฝึกใหม่คือไหมขาดขณะการนำไหมออกจากช่องไหมโดยยังไม่ได้ใช้ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองอย่างมาก ข้อแนะนำคือจะต้องจับที่เข็มให้มั่นคงโดยอาจจะทำภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เพื่อจะมองเห็นได้ชัดเจนและหมุนเข็มตาม curve เพื่อนำเข็มออกมาใช้ การดึงที่ตัวไหมจะทำให้ไหมขาดจากเข็มโดยไม่จำเป็น

การใช้กล้องจุลทรรศน์สำหรับ microsurgery

การผ่าตัดด้วยกล้องจุลทรรศน์ต้องดูผ่านทั้ง 2 ตาเพื่อให้เกิดภาพ 3 มิติ การดูตาเดียวจะไม่สามารถรับรู้ความลึกได้ ขั้นตอนการปรับกล้องจุลทรรศน์จะทำได้ดังนี้

1. ปรับ coarse focus โดยการเลื่อนกล้องขึ้นลง
2. หลับตาทีละข้างแล้วปรับ fine focus ให้ชัดเจนของแต่ละตา
3. มองด้วยตาสองข้าง ถอยตาออกจาก eyepiece ประมาณ 1 นิ้ว จะมองเห็นดวงไฟกลม 2 ดวง
4. ปรับ interpupillary distance ให้ดวงไฟ 2 ดวงซ้อนกัน เพื่อให้มองเห็นเป็นภาพ 3D
5. ปรับ position ของผู้ฝึกให้นั่งหลังตรง ไม่ต้องก้มหรือเขย่งมองกล้อง เนื่องจากการผ่าตัด microsurgery ใช้เวลานานจึงต้องปรับท่าทางการนั่งให้สบายสำหรับการผ่าตัดระยะเวลายาวนาน

กำลังขยายของกล้องขึ้นกับหลายปัจจัยได้แก่ กำลังขยายของ objective lens, eyepieces, working distance โดยทั่วไป working distance สั้นจะมีกำลังขยายที่สูง แต่อย่างไรก็ดี working distance ที่เหมาะสมสำหรับ hand surgery จะอยู่ที่ประมาณ 20-25 ซม. เพื่อให้มีพื้นที่ทำงานระหว่างเส้นเลือดกับกล้องจุลทรรศน์ โดยสำหรับเส้นเลือดขนาด 1 มม. จะต้องการกำลังขยายประมาณ 10-15 เท่าในการตัดต่อเส้นเลือด

กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ควรปรับใช้ให้เหมาะสมกับงาน กำลังขยายต่ำจะให้ visual field ที่กว้าง และระยะชัดลึกที่กว้าง ในขณะที่กำลังขยายที่สูง จะให้ visual field แคบและระยะชัดลึกที่แคบ ข้อแนะนำในการเลือกใช้กำลังขยาย ควรเลือกกำลังขยายที่น้อยที่สุดที่สามารถมองเห็น lumen และเย็บได้ชัดเจน เพื่อที่จะได้มีพื้นที่ในการทำงานได้กว้างมากที่สุด

การปรับท่านั่งสำหรับการผ่าตัด

เนื่องจากการผ่าตัดจุลศัลยกรรมใช้เวลาอย่างน้อย 3-4 ชม. ขึ้นไป การปรับท่านั่งผ่าตัดจึงมีความสำคัญอย่างมาก ท่าที่แนะนำคือนั่งบนเก้าอี้ที่ไม่มีล้อเพื่อให้มั่นคง ท่านั่งควรกางขาเป็น tripod วางขากับพื้นราบให้มั่นคง นั่งหลังตรง คอไม่ก้มหรือเงยเกินไป วางแขนตั้งฉากกับข้อศอก forearm และ ulnar border ของมือวางบนโต๊ะหรือถาดมือลอยควรวางฝ่ามือเพื่อให้ stable ลดการสั่นของมือ จับเครื่องมือแบบปากกาด้วย finger pulp และควรมั่น check position ของผู้ฝึกให้ถูกต้อง และมีเดินออกพัก เปลี่ยนท่าทางทุก 1-2 ชม. ช่วงระหว่างเสร็จสิ้นขั้นตอนต่างไป เพื่อลดอาการเมื่อยล้า และ เพิ่มสมาธิและประสิทธิภาพในการฝึกปฏิบัติการ



รูปที่ 3 : ภาพแสดงการวางฝ่ามือให้มือมี ulnar border support ลดการสั่น และท่านั่งที่เหมาะสมกับการทำ microsurgery

Surgical specimens

Surgical specimen ที่ใช้ในการฝึก basic microsurgery จะแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1. *Living specimen*

ที่นิยมใช้คือหนูขาว ข้อดีของ living specimen คือ tissue เหมือนจริง มีเลือดและ bleeding เหมือนในคนไข้จริง และสามารถเห็นผลการฝึกฝนได้ชัดเจนและเห็น late thrombosis จาก poor tissue handle ได้ แต่

มีข้อเสียคือ ราคาแพง ใช้เวลาการเตรียมมาก อาจมี disease transmitted และ ต้อง sacrifice สัตว์ทดลอง โดยทั่วไปจะแนะนำให้ผู้ฝึก ฝึกปฏิบัติให้ชำนาญใน non-living specimen ก่อนแล้วจึงไปฝึกตัดต่อเส้นเลือด ใน living specimen เพื่อทดสอบ patency และ late thrombosis effect

2. *Non-living specimen*

ได้แก่ เส้นเลือดไก่ในชั้นส่วนนองไก่ติดสะโพก, ปีกไก่, เส้นเลือดรก, ถุงมียาง, silicone tube ใน ปัจจุบันเป็นที่นิยมเนื่องจาก เตรียมได้ง่าย ราคาถูก และ ไม่ต้อง sacrifice สัตว์ทดลอง แต่มีข้อเสีย คือ การ ประเมิน patency ของการฝึกอาจไม่ accurate ไม่มี bleeding และ ไม่สามารถ ทดสอบ late thrombosis effect จาก tissue trauma แต่อย่างไรก็ดีปัจจุบันมีการพยายามคิดค้นวิธีการทดสอบ patency โดยทางอ้อมใน non-living specimen เช่น flow test, ลักษณะของ end product เพื่อดูความสำเร็จของการฝึกฝน

Chicken thigh model

เส้นเลือด femoral artery และ vein ของ chicken thigh model สามารถ dissect ได้ง่ายและรวดเร็ว มี ขนาดไม่เล็กมากนักจึงเหมาะกับการฝึกตัดต่อเส้นเลือดสำหรับผู้หัดทำ microsurgery เบื้องต้นเพื่อเรียนรู้การ ใช้เครื่องมือและกระบวนการตัดต่อเส้นเลือด เส้นเลือดบริเวณนี้มีขนาดประมาณ 1.5-2 มม. ซึ่งมีขนาด ใกล้เคียงกับ radial หรือ ulnar artery บริเวณข้อมือ การเย็บเส้นเลือดบริเวณนี้จะใช้ microsuture ขนาด ประมาณ 8-0 หรือเล็กกว่านั้น โดยมักจะใช้ suture ประมาณ 8-10 stitches ต่อ 1 anastomosis ในการเย็บเส้น เลือดบริเวณนี้



รูปที่ 4 : เส้นเลือด femoral artery ในส่วนต่างๆของ chicken thigh model for microsurgery training



1



2



3



4



5



6

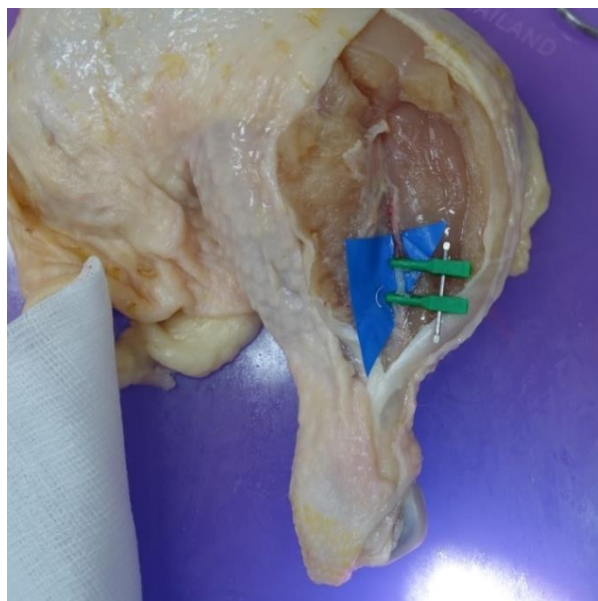
รูปที่ 5 : ขั้นตอนการเตรียม dissection femoral artery ใน chicken thigh model

ขั้นตอนการเตรียม

1. ใช้ช่องไก่ติดสะโพกโดยหงายด้าน inner thigh ขึ้น
2. เริ่ม dissect femoral vessel โดยยกส่วน adductor muscle โดย dissect ผ่าน intermuscular plane โดยใช้ iris scissor หรือ small arterial clamp (ไม่ต้องใช้มีดตัด)
3. Identify femoral neurovascular โดยเรียงจาก inferior ไป superior คือ femoral nerve , artery , vein
4. Mobilized femoral artery ให้ได้ free fragment ประมาณ 2 ซม.
5. ถ้ามี side branch ใช้หางของ microsuture ผูก (ด้านที่อยู่ชิด main vessel ให้ occlude ด้วย mechanical maneuver เช่น การผูก หรือ ligaclip หลีกเลี่ยงการใช้ electrocautery เนื่องจากจะมี trauma ที่ main vessel ซึ่งจะนำไปสู่ late thrombosis และ clot ในภายหลัง
6. เส้นเลือด femoral artery ที่พร้อมใช้งานควร ligate branch ให้เหลือแต่ main vessel และ dissect ให้ได้สามารถ mobilized เส้นเลือดได้ และมี free area ของ vessel ประมาณ 2 ซม. เพื่อใช้ในการฝึกตัดต่อเส้นเลือด

Chicken leg model

เส้นเลือด tibial artery และ vein ในบริเวณขาไก่ จะอยู่ลึกในบริเวณ outer part และอยู่ proximal กว่า Achilles tendon ของขาไก่ เส้นเลือด tibial artery เหมาะสำหรับผู้ฝึกที่ต่อเส้นเลือด femoral artery และ vein ได้คล่องแล้ว เนื่องจากจะขนาดเล็กกว่า อยู่ลึกกว่า และมี adventitia ที่ต้องทำการ debride มากกว่าเส้นเลือดในส่วนของ femoral artery เส้นเลือดบริเวณนี้มีขนาดประมาณ 1 มม. ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกับเส้นเลือดของนิ้วในบริเวณ proximal ถึง middle phalangeal level ซึ่งเป็นขนาดของเส้นเลือดส่วนใหญ่ที่ใช้ในงาน microsurgery ได้แก่ การทำ finger replantation และ free flap ชนิดต่างๆ การเย็บเส้นเลือดบริเวณนี้จะใช้ microsuture ขนาดประมาณ 10-0 หรือเล็กกว่านั้น โดยมักจะใช้ suture ประมาณ 6-8 stitches ต่อ 1 anastomosis ในการเย็บเส้นเลือดบริเวณนี้



รูปที่ 6 : เส้นเลือด tibial artery ของ chicken leg model



1



2



3



4



5



6

รูปที่ 7 : ขั้นตอนการเตรียม dissection tibial artery ใน chicken leg model

ขั้นตอนการเตรียม

1. ใช้ช่องไก่ติดสะโพกโดยคว่ำช่องไก่ลง โดยให้ด้านหนังไก่อยู่ในบริเวณที่จะ dissection
2. ลอกหนังไก่ออก
3. ลง vertical incision ด้าน posterolateral quadrant ของ ขาไก่ ขนานกับ Achilles tendon
4. ใช้ iris scissor dissect longitudinal split muscle ตามแนวของ Achilles tendon
5. Tibial artery , vein และ nerve จะอยู่ขนานกับ tendon
6. Free tibial artery ออกจาก vein และ nerve ให้มี free fragment อย่างน้อย 2 ซม.
7. เส้นเลือด tibial artery ขนาดประมาณ 1 มม. พร้อมใช้งานฝึกผ่าตัดจุลศัลยกรรม

Chicken wing model

เส้นเลือดในส่วนของปีกไก่ มีขนาดเล็กมาก โดยทั่วไปจะมีขนาดประมาณ 0.5 มม. จึงเหมาะกับการฝึกตัดต่อเส้นเลือดสำหรับผู้ที่มีความชำนาญมากขึ้นแล้ว โดยปกติไหมที่ใช้ในการเย็บเส้นเลือดบริเวณนี้จะมีขนาด 10-0 ถึง 12-0 โดยแต่ละ anastomosis จะต้องเย็บประมาณ 4-6 stitches



รูปที่ 8 : เส้นเลือด brachial, radial และ ulnar artery ของ chicken wing model

ขั้นตอนการเตรียม

1. หงายปีกไก่ด้าน inner surface ขึ้นเพื่อผ่าตัด
2. ลงมือตามแนว longitudinal ของปีกไก่ท่อนกลาง
3. เส้นเลือดที่ใช้จะอยู่ระหว่างกึ่งกลางระหว่างกระดูก radius และ ulnar



1



2



3

รูปที่ 9 : ขั้นตอนการเตรียม dissection brachial, radial และ ulnar artery ใน chicken wing model

Placenta model

เส้นเลือดบริเวณผิวของรกสามารถใช้เป็น surgical model ในการฝึกผ่าตัดจลศัลยกรรมได้ดี เนื่องจากลักษณะเฉพาะที่เส้นเลือดรกจะยึดติดกับผนัง amniotic membrane ดังนั้นเส้นเลือดรกจะใช้ในการฝึกการ dissection และเตรียมเส้นเลือดก่อนต่อ ได้เป็นอย่างดี นอกจากนั้น เส้นเลือดของรกจะมีขนาดใหญ่ เล็กไล่ระดับจากส่วนกลางที่มีขนาดใหญ่ (ประมาณ 2 มม.) ไปถึงส่วนขอบรกที่มีขนาดเล็กกว่า 1 มม.และยังมีทั้ง artery และ vein ซึ่งก็สามารถใช้ในการฝึกฝนได้หลากหลายแบบ

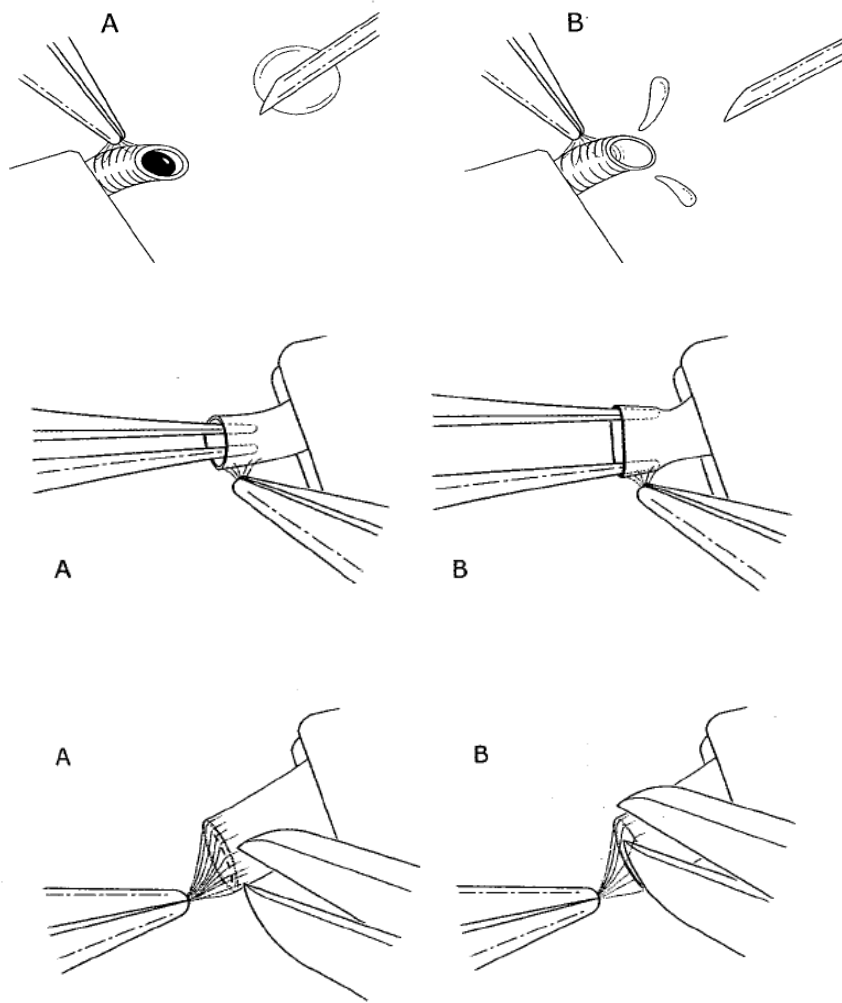
การใช้เส้นเลือดรกจะมีข้อควรระวังในการ dissection การเลาะเส้นเลือดขึ้นมาจาก amniotic membrane ต้องระวังไม่ให้ membrane ทะลุซึ่งจะมีเลือดออกจากเนื้อรกเป็นจำนวนมากทำให้การผ่าตัดทำได้ยาก และ การ trim adventitia รอบเส้นเลือดแนะนำให้เหลือส่วนด้านที่ติดกับผนังรกไว้เล็กน้อย เนื่องจากส่วนด้านในของหลอดเลือดจะยึดติดกับผนังของรกค่อนข้างแน่นเป็นเนื้อเดียวกันกับเส้นเลือด การพยายาม free ขอบ intima ของเส้นเลือดออกจากผนัง membrane จะมีโอกาสเกิด vessel wall injury ได้มาก

ขั้นตอนการเตรียม

1. คว่ำรกลอง ให้ฝั่งผนัง membrane หายขึ้นเพื่อใช้ในการฝึกผ่าตัด
2. เลือกขนาดเส้นเลือดที่ต้องการใช้ โดยเส้นเลือดหลังการ dissection จะมีขนาดเล็กกว่าที่เห็นจากภายนอกก่อน dissection ประมาณ 25% โดยเส้นเลือด artery จะมีผนังหนา แข็งแรง และมีความยืดหยุ่นกว่าเส้นเลือด vein จึงเหมาะกับการเริ่มฝึกฝน
3. เริ่มเลาะเส้นเลือดออกจาก amniotic membrane โดยระวังอย่าให้ทะลุลงไปในเรื่อง จะทำให้ bleed มากและรบกวนการผ่าตัด
4. Dissect เส้นเลือดให้ได้ free fragment ประมาณ 2 ซม. ใส่ approximator ตัด และเริ่มทำการ trim adventitia โดยให้ความระมัดระวังในส่วน inferior wall ด้านที่ติดกับ amniotic membrane เป็นพิเศษ

ขั้นตอนการเตรียมเส้นเลือดก่อนต่อ

1. เส้นเลือดที่พร้อมจะต่อ ควร dissect ให้ free ประมาณ 2 ซม. และผูก branch ต่างๆให้เรียบร้อย
2. Apply approximator โดยกางให้กว้างที่สุดก่อน เพื่อให้มีพื้นที่ในการทำงานเพียงพอระหว่างขา clamp ในการต่อเส้นเลือด
3. ตัดเส้นเลือดให้ขาดด้วย microscissors ตรง
4. ก่อนต่อเส้นเลือดทุกครั้งต้องเตรียมเส้นเลือดด้วย 3 กระบวนการดังนี้ทุกครั้ง
 - a. Irrigation : เพื่อล้าง clot ออก ถ้าทิ้งไว้นาน clot จะ stain และล้างไม่ออก (ในคนไข้จริง ส่วน proximal stump ควร irrigate ให้ได้ good flow ก่อนต่อเส้นเลือด ส่วนด้าน distal stump ควร irrigate ให้มี flow ออกมาที่ venous เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มี intravascular clot ใน system ก่อนทำการต่อเส้นเลือด)
 - b. Dilate : ทำโดยใช้ปลาย microforceps ใส่ในปลายเส้นเลือดแล้ว้าออก เพื่อ dilate ให้ปลายเส้นเลือดขยายออกและยังเป็นการ paralyze sympathetic tone รอบๆปลายเส้นเลือด การ dilate เส้นเลือดนี้จะทำให้ปลายเส้นเลือดโป่งออกเป็นรูปทรงกระบอกซึ่งจะต่อได้ง่าย และเป็นการดูได้ว่า เส้นเลือดที่ดี ไม่มีการบาดเจ็บ จะโป่งออกไม่ collapse
 - c. Trim adventitia : ก่อนการต่อเส้นเลือดทุกครั้ง ต้องตัดแต่งให้ปลายเส้นเลือดไม่มี adventitia มารบกวนบริเวณ anastomosis การ trim adventitia ไม่จำเป็นต้องทำทั้งเส้นเลือด แนะนำให้ทำเฉพาะบริเวณขอบเส้นเลือดที่จะเย็บก็เพียงพอ การ trim adventitia ทำได้ 2 วิธีคือ
 - i. ใช้ microforceps จับ adventitia ส่วนที่ต้องการ debride แล้วใช้ microscissors โค้ง trim ขนานเส้นเลือดโดยระวังไม่ให้ตัดโดน main vessel
 - ii. ใช้ microforceps จับ adventitia แล้วดึงออกทางปลายเส้นเลือด แล้วใช้ microscissors ตรง ตัดขนานกับหน้าตัดของเส้นเลือด ให้ adventitia หดกลับเข้าไปพ้นจากบริเวณปลายเส้นเลือดที่จะเย็บ



รูปที่ 10 : การเตรียมเส้นเลือดก่อนต่อ 3 ขั้นตอน (irrigate , dilate , trim adventitia)

5. หลังจากเตรียมเส้นเลือดเรียบร้อยแล้ว เส้นเลือดที่จะต่อต้องมีลักษณะ ไม่มีร่องรอยการบาดเจ็บ เส้นเลือดกลมป่องพร้อมที่จะต่อ ขอบเรียบ ไม่มี adventitia ส่วน proximal มี inflow ดี ส่วน distal มี outflow ออกทาง venous system การต่อเส้นเลือดที่มีการบาดเจ็บหรือเส้นเลือดที่เตรียมไม่เรียบร้อย จะนำไปสู่ late thrombosis ซึ่งจะทำให้ต้องเสียเวลาตัดต่อใหม่อีกโดยไม่จำเป็น
6. ก่อนเริ่มเย็บ ให้ปรับ approximator ให้ปลายเส้นเลือดชนกัน เพื่อป้องกัน tension ขณะเย็บซึ่งทำให้ไหม cut through พ่นงหลอดเลือดที่เย็บ
7. ใส่ฉากหลังเส้นเลือดที่จะต่อโดยใส่เข้าระหว่างขาของ approximator
8. เริ่มทำการเย็บเส้นเลือด

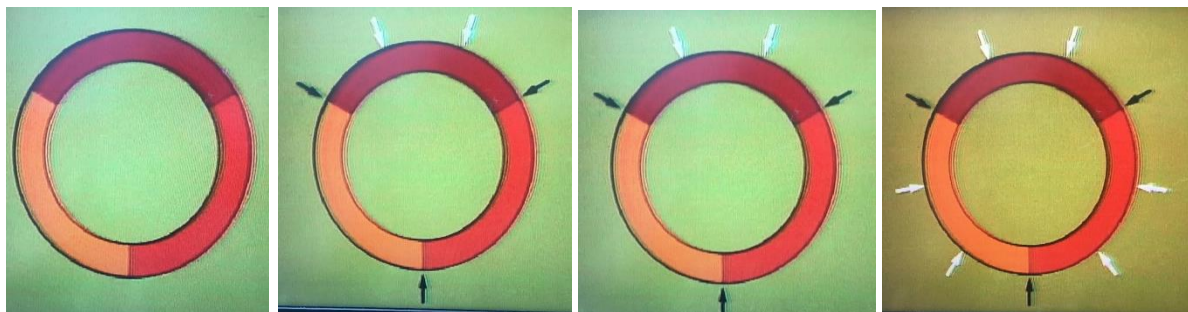
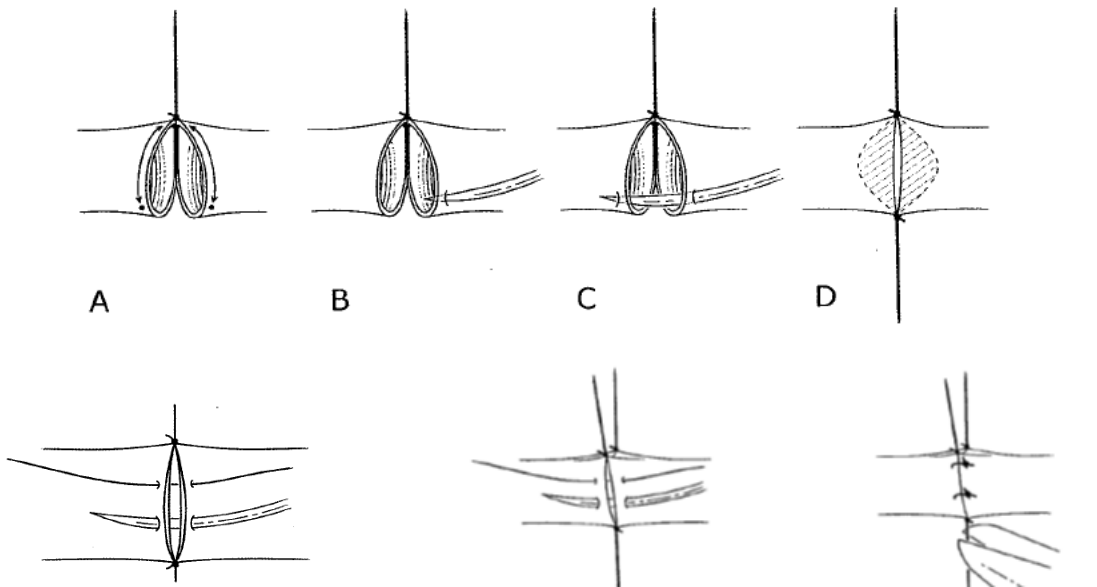
การเย็บเส้นเลือด

เทคนิคการเย็บเส้นเลือดมีหลายแบบ ผู้ฝึกควรที่จะเรียนรู้การเย็บในแบบต่างๆ เพื่อที่จะได้ใช้ในการแก้ไขในสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในขณะผ่าตัดจริง

End-to-end technique , flip-able vessel

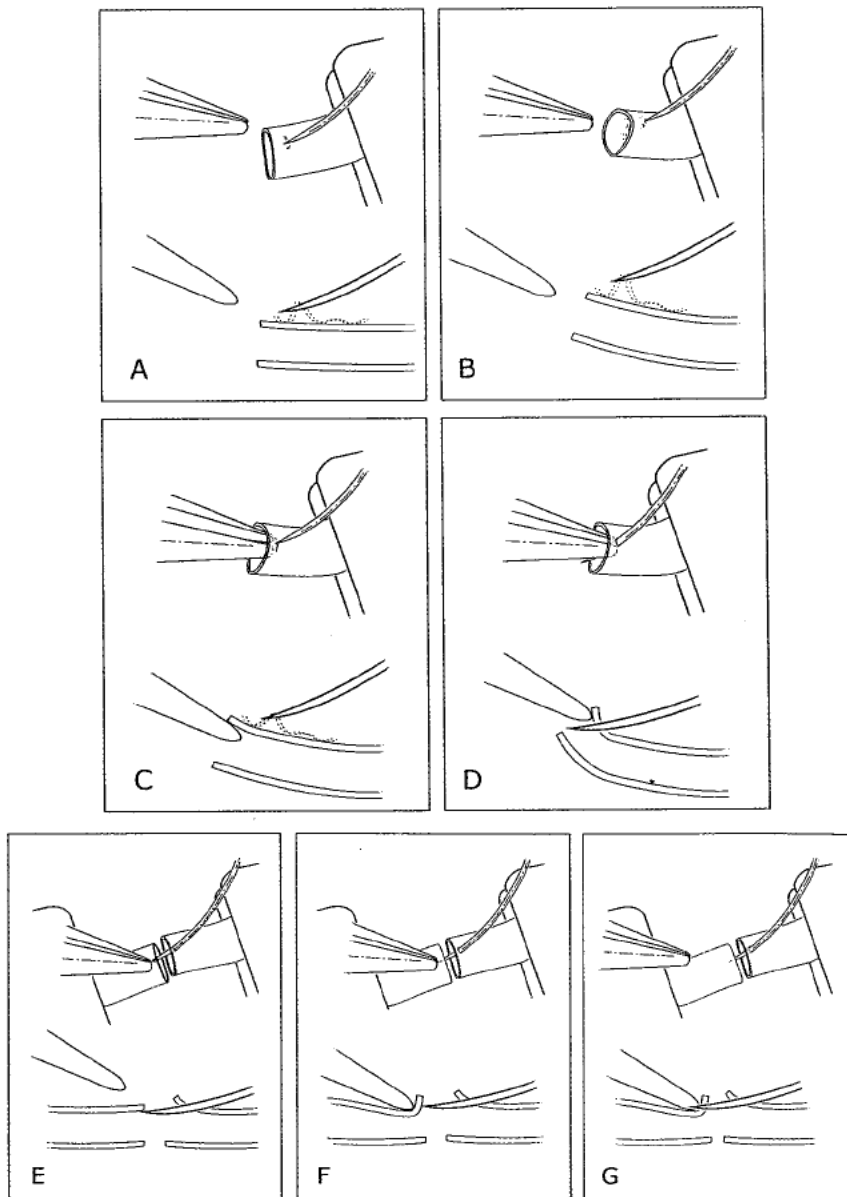
ถ้าเส้นเลือดที่จะต่อสามารถพลิกกลับไปมาเพื่อ assess ได้ทั้งด้าน anterior และ posterior wall การเย็บซ่อมแซมเส้นเลือดจะทำได้ดังนี้

1. ปรับกำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ให้มากพอให้เห็น lumen ได้ชัดเจนเพื่อป้องกันเย็บโดน back wall
2. กะประมาณว่าจะต้องใช้ suture ประมาณกี่ stitch ในการเย็บให้ครบ เส้นรอบวง โดยทั่วไป เส้นเลือดขนาด 1.5-2 มม. (ประมาณ radial artery ที่ข้อมือ) จะใช้ประมาณ 8-10 stitches, ขนาด 1-1.5 มม. (ประมาณเส้นเลือดที่ฝ่ามือหรือโคนนิ้ว) ใช้ประมาณ 6-8 stitches, เส้นเลือดที่เล็กกว่า 1 มม. จะใช้ประมาณ 5-6 stitches
3. กะตำแหน่งการวาง stitch ของเส้นเลือดทั้ง 2 ฝั่ง ให้ช่องไฟเท่ากัน และ กระจายกันให้ครบทั้งเส้นรอบวง (ถ้าแบ่งช่องไฟไม่เท่ากันอาจเกิดการรั่วหรือเกิด dog ear ซึ่งทำให้มีส่วนของ vessel expose กับเลือดซึ่งจะกระตุ้นให้เกิด thrombus เกิดเป็น late thrombosis ได้)
4. เริ่มเย็บจาก anterior wall ก่อน โดยเริ่มจาก stitch ที่อยู่มุมไกลตัวที่สุดก่อน



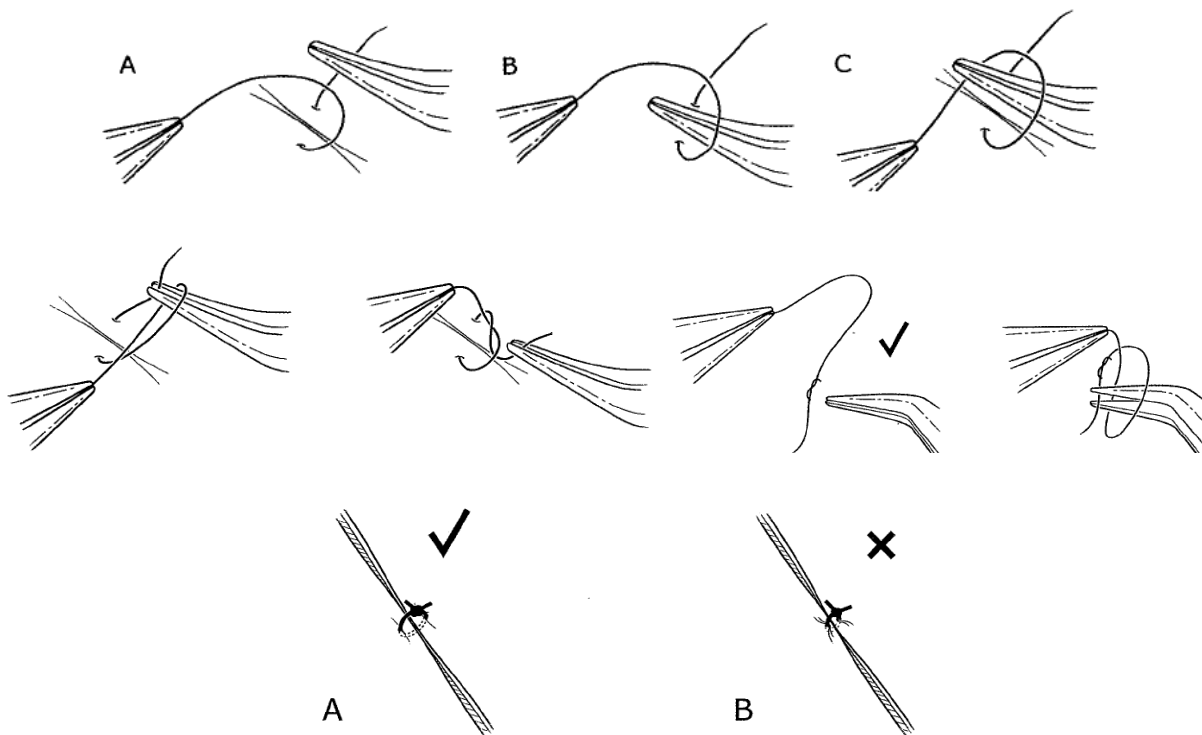
รูปที่ 11 : การแบ่งช่องไฟในการเย็บเส้นเลือด

5. ปักเข็มให้ตั้งฉากกับรอยขาด โดยให้ห่างจากขอบเส้นเลือดประมาณ 1-2 ความหนาของ wall thickness (ถ้าเย็บตื้นไปจะมีโอกาส cut-through เวลาผูก, ถ้าปักเข็มห่างมากเกินไปจะเกิดขอบ vessel ม้วนเกิดเป็นจุด turbulence flow ได้)
6. ใช้ forceps รองใต้ผนังเส้นเลือด เพื่อ counter-act ขณะปักเข็มผ่านผนังเส้นเลือด โดยต้องแน่ใจว่า เข็มผ่านเข้าไปใน inner lumen แบบ full-thickness bite โดยไม่โดน back wall (** ห้ามใช้ microforceps จับที่ ผนัง vessel โดยตรงแบบ full-grasping เพราะจะเกิด trauma กับผนังเส้นเลือด และกระตุ้นให้เกิด thrombus ควรจับที่ adventitia หรือ หางไหมที่เหลื่อไว้ manipulate เส้นเลือด)

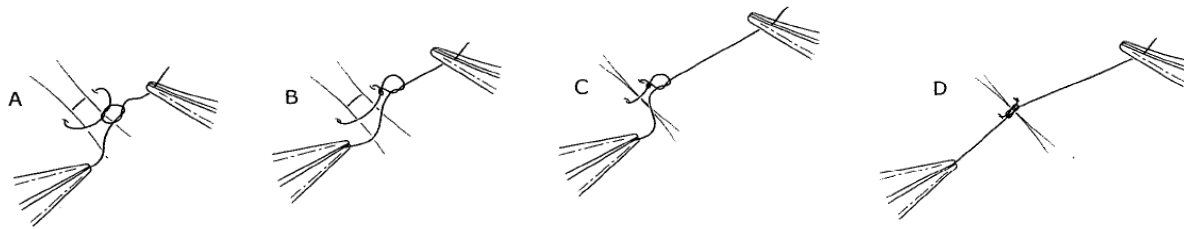


รูปที่ 12 : การ manipulate เส้นเลือดขณะปักเข็ม

7. หมุนเข็มตาม curve ของเข็ม และเย็บต่อไปที่ vessel wall อีกด้านโดยใช้ microforceps กดที่ด้านนอกของ ผนังหลอดเลือดฝั่งตรงข้าม เพื่อ counter-act
8. เมื่อเข็มผ่านผนังหลอดเลือดประมาณครึ่งหนึ่ง ให้ลดกำลังขนาดลงเพื่อเพิ่มความกว้างของ visual field ขณะสวaim เพื่อลดโอกาสการสวaimแล้วหลุดออกจากส่วนที่เย็บ การดึงไหมผ่านรอยเย็บจะลดโอกาสการ trauma เมื่อเทียบกับการพยายามดันเย็บผ่านรอยเย็บ
9. ดึงไหมตามแนวตั้งฉากกับรอยต่อ ระวางอย่าให้ไหมรั้งกับผนังหลอดเลือดในแนวตั้งฉากเพราะจะทำให้ไหม cut through ผนังหลอดเลือดได้ง่าย (แนะนำให้ใช้ forceps วางเป็นรอกนำทางให้ไหมอยู่ในแนวตั้งฉากกับรอยตัด)
10. แบ่งไหมให้ด้านสั้นเหลือประมาณ 3 มม. (ประมาณความยาวของส่วนปาก needle holder) และใช้ forceps จับไหมอีกด้านให้ยาวประมาณ 3 เท่าของด้านสั้น
11. ผูกปมทั้งหมด 3 รอบ (** ในกรณีที่ปมแรกไม่ได้ผูกเป็น surgical knot, เวลาผูกปมที่ 2 ถ้าดึงไหมทั้ง 2 ด้านอาจเกิด premature locking ทำให้ปมหลวมได้ วิธีแก้ไขคือ หย่อนไหมด้านหนึ่ง แล้วดึงอีกฝั่ง ขณะผูกปมที่ 2 ไหมจะเลื่อนเข้าไป lock เป็นปม (sliding knot) ดึงให้ชิดกับเส้นเลือดได้ แล้วจึงผูกปมที่ 3 เพื่อ secure knot ให้แน่น)
12. ไหม microsuture มีขนาดเล็กและเปราะบาง ดังนั้นขณะผูกปมการดึงแน่นมากเกินไปอาจทำให้ไหมขาด ดังนั้นการตัดไหม ไม่ควรตัดชิดปมมากเกินไป ควรมี safe zone เหลือให้ไหม slide ออกได้ เล็กน้อยแล้วปมไม่หลุด

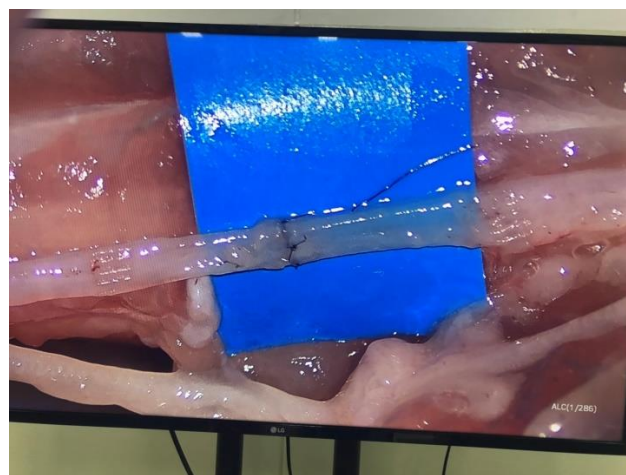
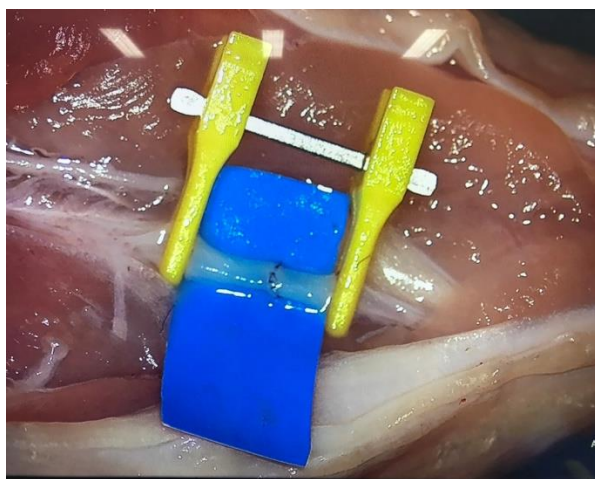


รูปที่ 13 : ขั้นตอนการผูกปมไหม



รูปที่ 14 : การผูกปม sliding knot เพื่อป้องกัน premature lock

13. การตัดไหม ควรเหลือไหม 1 ด้ายให้ยาวพอที่สามารถใช้ forceps จับเพื่อช่วยในการ manipulate เส้นเลือด โดยเลือกเหลือไหมด้านที่อยู่ทิศทางตรงกันข้ามกับ ไหม stitch ถัดไป เพื่อที่จะไม่รบกวนในการทำงานของการเย็บ stitch ถัดไป
14. เย็บ stitch ต่อไปไล่มาจากด้านไกลมาด้านใกล้ตัวผู้ฝึก จนครบ anterior surface
15. พลิก approximator เพื่อ assess เส้นเลือดด้าน posterior wall
16. ก่อนเริ่มเย็บ posterior wall ใช้น้ำฉีก้างและสำรวจให้แน่ใจว่าไม่มี stitch ที่เย็บโดน back wall
17. เริ่มเย็บจากด้านไกลตัวเข้ามาใกล้ตัวด้วยวิธีเดียวกัน
18. สำหรับ 2 stitch สุดท้าย แนะนำให้เย็บเป็น continuous stitch ให้ได้ 2 stitch แล้วจึงตัดไหมและผูกที่ละ stitch การเย็บแบบนี้จะทำให้มีช่องว่างขณะเย็บ stitch สุดท้ายมากขึ้น จึงป้องกันการเย็บโดน back wall ได้ดีกว่าการเย็บไปที่ละ stitch จนถึง stitch สุดท้าย
19. เมื่อเย็บครบวงเรียบร้อย พลิก clamp กลับไม่ให้เส้นเลือดบิด เช็คความเรียบร้อย ดูช่องไฟ ดูรอย tear ถ้าสงสัยว่ามีรูรั่ว ควรเย็บซ่อมก่อนปล่อย clamp เนื่องจากในเคสจริง หลังปล่อย clamp ถ้ามี bleeding การซ่อมแซมในภาวะเลือดออกจะทำได้ยากกว่าและมีโอกาสเย็บ blind และ โดน back wall ได้ง่าย
20. ตัดแต่งไหมที่เหลือไว้ยาวให้เรียบร้อย และเตรียมพร้อมที่จะปล่อย clamp เพื่อ assess flow

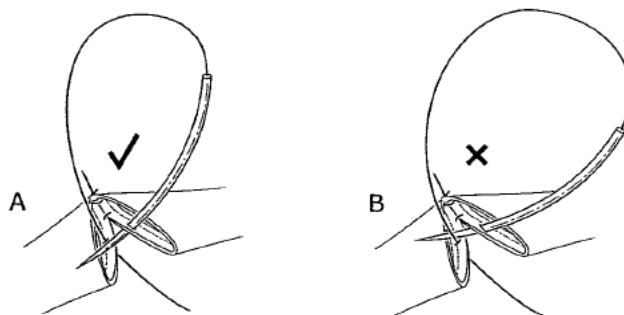


รูปที่ 15 : ลักษณะของ anastomosis ที่เย็บเรียบร้อยแล้ว

End-to-end technique, back wall first

ในสถานการณ์ที่ไม่สามารถพลิก approximator เพื่อเย็บด้าน posterior wall ได้ ซึ่งได้แก่เส้นเลือดอยู่ในพื้นที่แคบ หรือเส้นเลือดที่เลาะได้มีขนาดสั้น เมื่อจับด้วย approximator แล้วไม่เหลือระยะของเส้นเลือดในการพลิก การซ่อมแซมเส้นเลือดแบบนี้ ต้องเย็บด้าน posterior wall ก่อนแล้วจึงมาเย็บด้าน anterior wall ให้ครบวง การฝึก back wall first technique ทำได้ดังนี้

1. เริ่มเย็บจาก posterior wall ด้านใกล้ตัวก่อน
2. เริ่มปักเข็มจากกึ่งกลางของปลายเส้นเลือด 2 เส้น โดยฝังแรกให้เย็บจากด้านนอกเข้าด้านในและหมุนไปเย็บเส้นเลือดด้านตรงข้ามจาก inner lumen ออกด้านนอก (outside-in, inside-out)
3. ผูกปมที่ตรงกลางของเส้นเลือด พยายามจัดให้ไหมเรียบไปกับผนังเส้นเลือดด้านนอก โดยระวังไม่ให้ไหมขัดกัน
4. ค่อยๆเย็บไล่จาก stitch ใกล้ตัวเข้าหาใกล้ตัว โดยพยายามจัดวางปมให้หันไปทางด้านใกล้ตัว เพื่อจะได้ไม่รบกวนการเย็บใน stitch ถัดไป
5. เย็บ posterior wall ให้ครบ แล้วเริ่มเย็บ anterior wall ตาม technique ปกติ



รูปที่ 16 : เทคนิคการเย็บ back wall first ในกรณีพลิกเส้นเลือดไม่ได้

Venous anastomosis

การต่อเส้นเลือดดำมีความสำคัญในการผ่าตัดจุลศัลยกรรมโดยเฉพาะการทำ replantation และ free tissue transfer ความสำเร็จของการต่อจะขึ้นกับจำนวนเส้นเลือดดำที่สามารถต่อได้ โดยทั่วไปอัตราส่วนของ artery : vein ที่แนะนำจะเป็น 1:1.5 นั่นคือ artery 1 เส้นควรมี vein 2 เส้น หรือ artery 2 เส้น ควรต่อ vein ให้ได้ 3 เส้น

การต่อเส้นเลือดดำจะทำได้ยากกว่าเส้นเลือดแดงเนื่องจากเส้นเลือดดำจะมีผนังบาง collapse ได้ง่าย ไม่คงรูป นอกจากนั้น flow ของเส้นเลือดดำจะช้ากว่าเส้นเลือดแดงทำให้มีโอกาส clot ได้มากกว่า เทคนิคในการต่อ vein ที่เพิ่มเติมจากการต่อเส้นเลือดแดงจะมีดังนี้

1. พยายามใส่ลงใน field ผ่าตัดให้เส้นเลือดดำลอยในน้ำ เพื่อให้ปลายเส้นเลือดต่างออก จะลดการเย็บโดน back wall ได้
2. การ trim adventitia ควร remove ออกเฉพาะส่วนที่รบกวนการเย็บ เนื่องจากผนังเส้นเลือดดำบางมากและติดกับ adventitia การพยายาม trim adventitia มากเกินไปจะทำให้ vessel wall injury เกินความจำเป็น

Nerve anastomosis

การต่อเส้นประสาทมีความจำเป็นที่ต้องทำด้วยความปราณีตเช่นเดียวกับการเย็บเส้นเลือดซึ่งผู้ฝึกจะต้องมีความซื่อสัตย์ในการเย็บให้ดีเนื่องจากผลของการต่อเส้นประสาทนั้นจะไม่แสดงออกมาทันทีเหมือนดังเช่นการเย็บเส้นเลือด แต่จะแสดงออกในภายหลังซึ่งจะเป็นสิ่งสำคัญที่จะบ่งชี้ผลของการรักษาและทำให้ผู้ป่วยมีการใช้งานของอวัยวะนั้นๆกลับมาทั้งในด้าน motor และ sensory nerve recovery การซ่อมแซมเส้นประสาทที่เรียบร้อยจะทำให้ผู้ป่วยเสียเวลารอคอยการฟื้นของเส้นประสาทโดยเปล่าประโยชน์

หลักการสำคัญของการต่อเส้นประสาทคือ tension-less repair โดยรอยต่อของเส้นประสาทต้องไม่ตึง เนื่องจากถ้าต่อเส้นประสาทแล้วตึง รอยต่อของเส้นประสาทอาจจะขาดในช่วงหลังผ่าตัดจากการขยับ นอกจากนั้นเส้นประสาทส่วนที่ยึดออกจะเกิดการขาดเลือดในส่วนที่ยึด ซึ่งจะมีผลทำให้เส้นประสาทไม่ฟื้นคืนหรือเกิดพังผืดในรอยต่อ

เนื่องจากหลักการต่อเส้นประสาทคือ tension-less repair ดังนั้นไหมที่ใช้เย็บจึงไม่ต้องรับแรงตึง ดังนั้นการต่อเส้นประสาทจึงแนะนำให้ใช้ไหมเส้นเล็ก (ขนาด 8/0-10/0) เพื่อให้เกิด scar ในรอยต่อน้อยที่สุด จำนวน stitch ไม่จำเป็นต้องถี่ (เช่นใน digital nerve repair อาจจะเย็บเพียง 2-3 stitches) โดยแนะนำให้เย็บให้ approximate ปลายทั้ง 2 ด้านและ เย็บไม่ให้มี axon ปลิ้นออกมาตามรอยต่อก็เพียงพอแล้ว โดยในทางคลินิกแนะนำให้เย็บ epineural repair ก็เพียงพอ ยกเว้นในบางกรณีพบว่าในเส้นประสาทมี group fascicle แยกชัดเจน ก็แนะนำให้เย็บ fascicle ชน fascicle เพื่อป้องกันการบิดหมุนแล้วเกิด mismatch ของ fascicle แต่ละ bundle ใน nerve นั้นๆ

การฝึกต่อเส้นเลือดโดยใช้ Interposition vein graft

การใช้ vein graft เป็นเทคนิคที่สำคัญและมีความจำเป็นในการผ่าตัดทางจุลศัลยกรรม เนื่องจากบางครั้ง vessel ที่บาดเจ็บมีความจำเป็นต้อง debride ออกให้ถึงส่วนที่ดีการต่อจึงจะได้ผล ทำให้เกิด vessel gap หรือในกรณี free flap transfer ที่เส้นเลือดสั้นก็จำเป็นต้องใช้ vein graft ช่วย bridge vessel gap

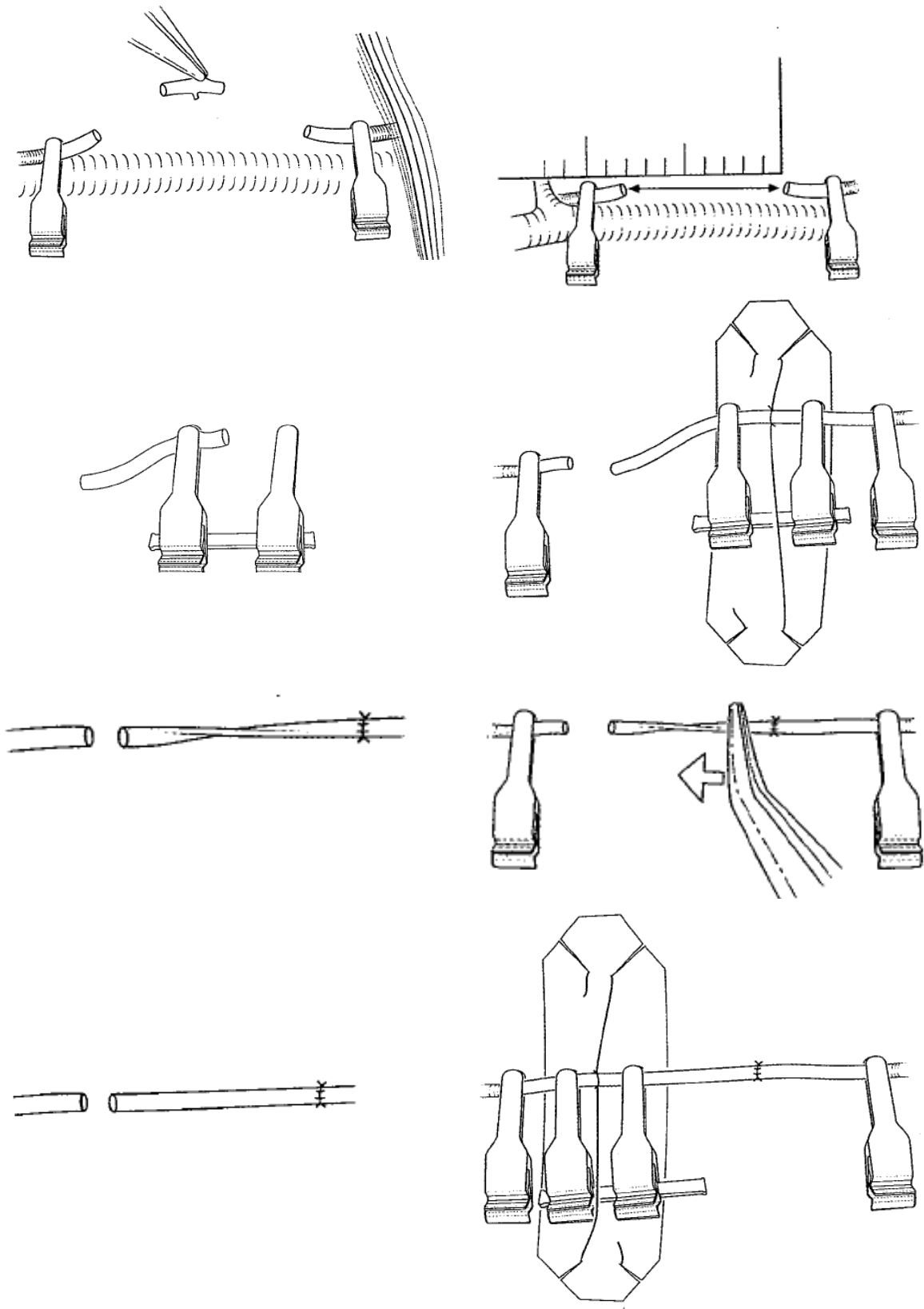
การใช้ vein graft เป็น technique ที่ยากขึ้นและมีรายละเอียดมาก ก่อนการฝึกผู้ฝึกควรจะต้องสามารถต่อเส้นเลือดแดงและเส้นเลือดดำขนาดต่างๆได้อย่างถูกต้องและชำนาญจึงจะประสบความสำเร็จในการทำ vein graft

อุปกรณ์เพิ่มเติมที่ใช้ในการทำ vein graft

1. Basic microsurgery set (เหมือนที่ใช้ในการทำ end-to-end anastomosis)
2. Single microvascular clamp 2 อัน
3. Double microvascular clamp (Approximator) 2 อัน
4. Microsuture สำหรับผูกเส้นเลือด
5. ไม้บรรทัดสำหรับวัดความยาว vein graft

ขั้นตอนการฝึกผ่าตัด vein graft

1. ใช้ chicken thigh model และ dissect femoral vessel ให้ได้ free fragment area ประมาณ 4 ซม.
2. ตัด femoral artery ที่กึ่งกลางเส้นเลือดที่เตรียมไว้ ถ้ามี side branch ให้ตัดออก หรือ ผูกให้เรียบร้อย (ใน living specimen ที่มี blood flow ให้ใช้ single clamp จับที่ proximal และ distal arterial stump เพื่อป้องกัน bleeding)
3. วัด vessel gap ที่เกิดขึ้นหลังจากที่ตัด (ไม่ต้องตัด vessel segment ออก)
4. เลือกเส้นเลือดที่จะใช้เป็น graft (ได้แก่ femoral vein, epigastric vein, หรือ tibial artery) โดยเลือกเส้นเลือดที่มีขนาดใกล้เคียงกับ femoral artery
5. Dissect เส้นเลือดที่ใช้เป็น graft ให้ได้ความยาวเพื่อเกินกว่าที่วัด gap ได้เนื่องจากต้อง trim ส่วนปลายเส้นเลือดให้เรียบก่อนต่อ
6. วัดขนาดของ graft ใน normal tension ก่อนตัด (ถ้าวัดเมื่อตัดแล้ว graft จะยาวเกินไป แล้วเกิด redundant และ kink หลังการต่อ vein graft)
7. ผูกเส้นเลือดที่ปลายสองด้าน แล้ว ตัดปลายหนึ่งของ graft แล้ว irrigate ล้าง clot ในเส้นเลือด
8. ผูกอีกปลายเส้นเลือด แล้วตัดระหว่างปม เพื่อ mark ว่าด้านใดเป็น proximal part
9. เนื่องจากใน vein จะมี valve จึงต้องทำการกลับด้านเส้นเลือดเพื่อให้ valve ไม่ขวางการไหลของเส้นเลือดแดง (ถ้าใช้ arterial graft ไม่ต้องกลับด้าน)
10. วางเส้นเลือดในส่วนของ arterial gap ตรวจสอบไม่ให้เส้นเลือดบิดหมุน ใช้ approximator 2 อัน จับบริเวณแต่ละ anastomosis
11. เริ่มเย็บจาก ผนังหลอดเลือดส่วนที่เป็น fixed part (arterial stump) ไปยังส่วนที่เป็น mobile part (graft) จะทำให้ control การเย็บได้ง่ายกว่า
12. เย็บแบบ end-to-end anastomosis อาจจะพลิก clamp หรือใช้ back wall first ก็ได้
13. หลังเย็บ anastomosis แรกแล้ว ลองปล่อย clamp และ irrigate เส้นเลือด ดูว่า flow สามารถผ่านได้หรือไม่
14. ก่อนเย็บ anastomosis ที่ 2 ต้อง check ให้เรียบร้อยว่า graft ไม่ได้อยู่ในลักษณะบิดหมุนก่อนต่อ
15. เย็บ Anastomosis ที่ 2 แล้วปล่อย clamp เช็คความเรียบร้อยก่อนทำการทดสอบ flow



รูปที่ 17 : ขั้นตอนการฝึกเย็บ interpositional vein graft

End-to-side technique

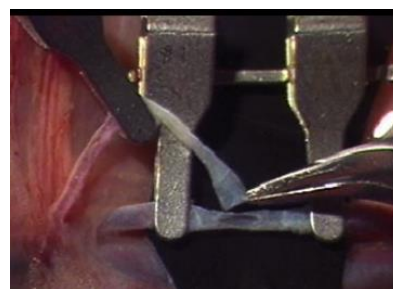
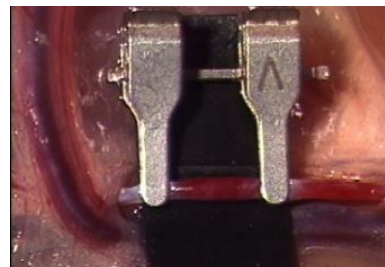
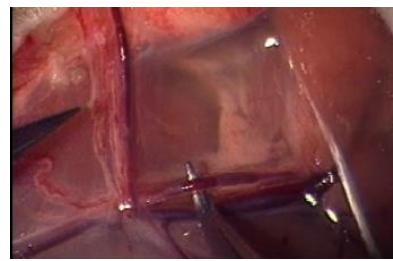
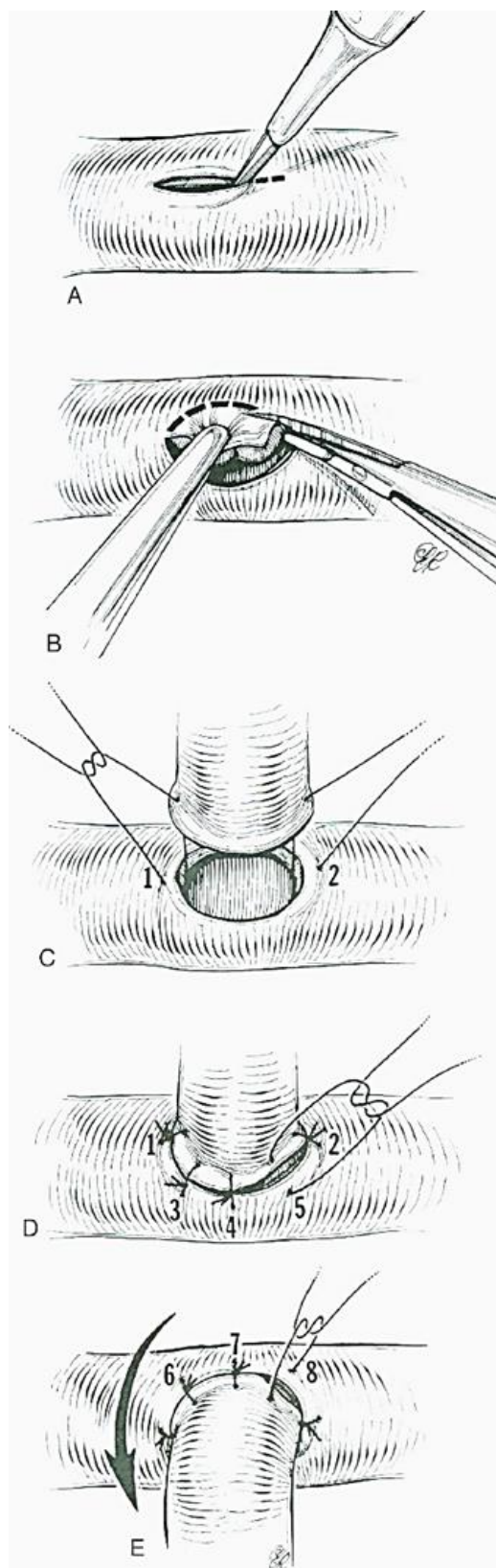
การต่อเส้นเลือดด้วยวิธี end-to-side anastomosis ทำได้ยากและต้องใช้เทคนิคขั้นสูงในการผ่าตัด แต่ก็มีผลที่ผู้ฝึกต้องเรียนรู้และสามารถฝึกปฏิบัติให้ได้เนื่องจาก end-to-side anastomosis จะมีประโยชน์สำหรับการต่อเส้นเลือดในสถานการณ์ดังนี้

1. Single vessel limb ที่ไม่สามารถ sacrifice เส้นเลือดได้
2. Mismatch donor และ recipient vessel มากกว่า 3 เท่า

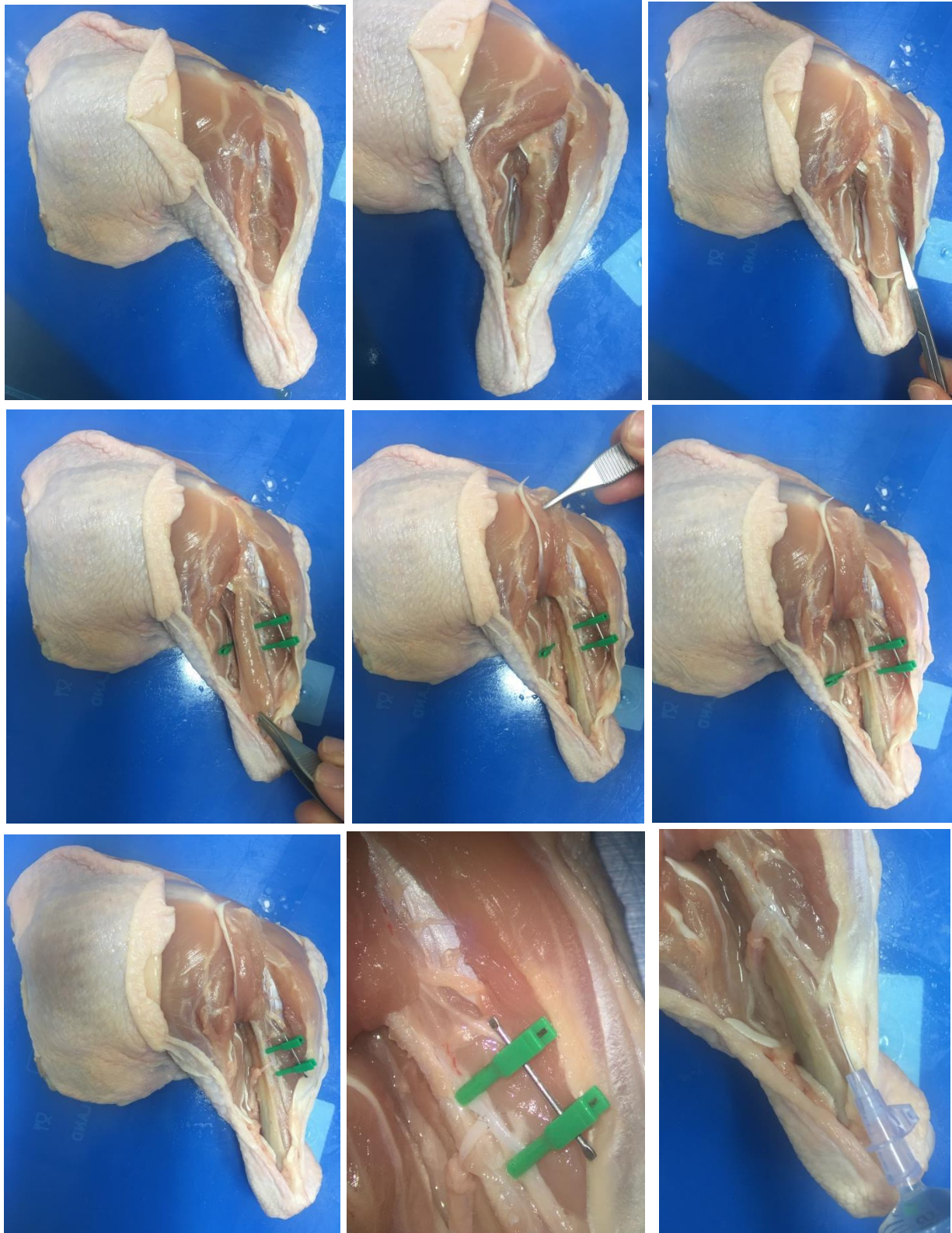
นอกจากนี้ ในแพทย์บางท่านจะ prefer การทำ end-to-side anastomosis มากกว่า end-to-end เนื่องจาก ผนังหลอดเลือดจะ contract ในแนว circular constriction ถ้าต่อเส้นเลือด end-to-end anastomosis เวลาเส้นเลือดบีบตัวจะมีโอกาสเส้นเลือดตันได้มาก ในขณะที่การต่อแบบ end-to-side ขณะที่เส้นเลือดบีบตัวจะทำให้ lumen ที่ต่อเปิดกว้างมากขึ้นจึงทำให้เส้นเลือดไม่ตัน

ขั้นตอนการฝึกผ่าตัด end-to-side anastomosis

1. เลาะเส้นเลือด 2 เส้นที่จะใช้ต่อ end to side anastomosis ให้มี free
2. กาง approximator ให้กว้างที่สุด และ จับเส้นเลือดในบริเวณที่จะเป็น recipient vessel
3. เตรียมบริเวณที่จะทำ side hole โดยเย็บส่วนที่จะตัดออก 1 stitch โดยเหลือหางไหมให้ยาวเอาไว้ดึง
4. กะขนาดของ diameter ของเส้นเลือดที่จะนำมาต่อเพื่อเตรียมตัด side hole
5. ตัดผนังหลอดเลือดเป็นแนว 45 องศา ให้ปลายชนกันเพื่อสร้าง side hole
6. ตัดเส้นเลือดที่จะนำมา end to side anastomosis
7. ล้าง blood clot ในเส้นเลือดก่อนต่อทำการต่อ
8. หมุนปลายเส้นเลือดที่จะต่อกับ side hole และตรวจดูไม่ให้เส้นเลือดบิดหมุนก่อนทำการเย็บ
9. เริ่มเย็บจาก stitch มุม ทั้ง 2 ข้าง ผูกปลายให้อยู่ด้านนอกของรอยต่อ
10. เนื่องจากบริเวณมุมของรอยต่อมักจะเป็นบริเวณที่มีรูรั่วได้ง่าย จึงควรเย็บให้ถี่มากขึ้นว่าปกติ)
11. เย็บ anterior surface โดยเย็บแต่ละ stitch โดยปักเข็มให้ตั้งฉากกับรอยต่อ
12. เมื่อเย็บ anterior wall ครบ พลิกเส้นเลือด ใช้ saline ล้างเส้นเลือดและ check ความเรียบร้อยของ anterior wall stitches ก่อนเย็บ posterior surface
13. เย็บ posterior wall ด้วยวิธีเดียวกัน
14. Check ความเรียบร้อยของรอยต่อ พลิกเส้นเลือดกลับ และ คลาย approximator



รูปที่ 18 : ขั้นตอนการเย็บ end-to-side anastomosis

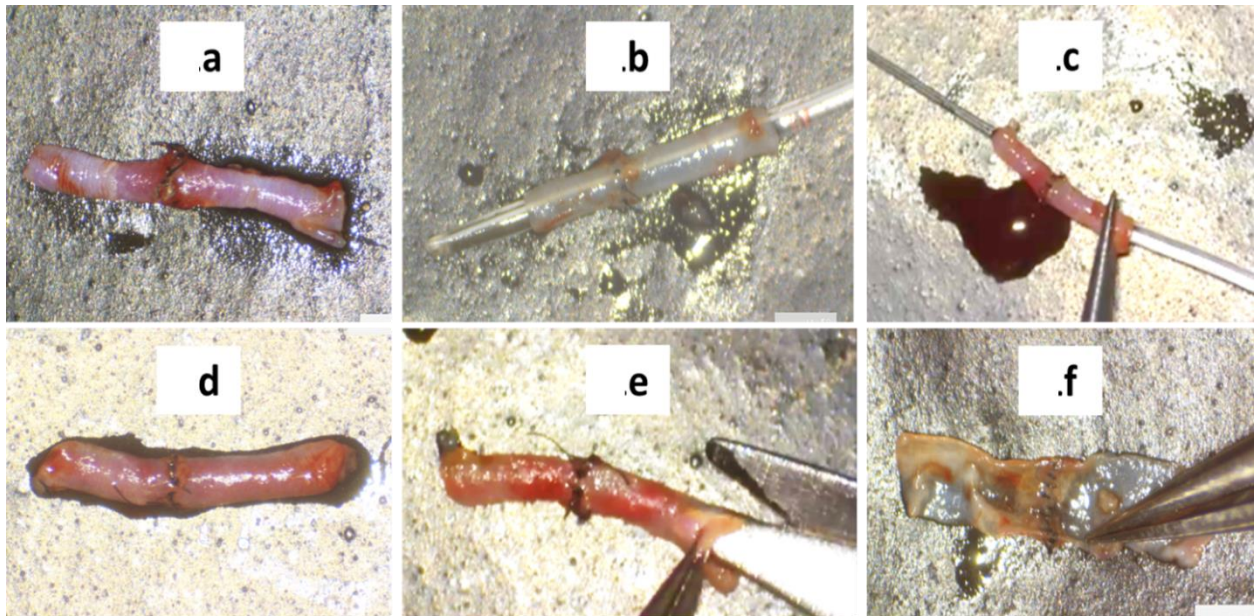


รูปที่ 19 : ขั้นตอนการเตรียม เส้นเลือด anterior และ posterior tibial arteries ใน chicken thigh model
สำหรับฝึกเย็บ end-to-side anastomosis

การประเมินผลการต่อเส้นเลือด

เนื่องจาก non-living model นั้นไม่มี blood flow และ clotting mechanism การประเมินผลการฝึกต่อเส้นเลือดด้วยวิธีการทางจุลศัลยกรรมใน non-animal model นั้นจึงต้องใช้วิธีการสังเกตทางอ้อมจากลักษณะของ anastomosis เวลาที่ใช้ในการต่อ และอาจใช้การสร้าง flow เลียนแบบเส้นเลือดเพื่อประเมินผลการฝึกได้ โดยรายละเอียดการประเมินจะสามารถทำเป็น 5 ขั้นตอนได้ดังนี้

1. ประเมิน General appearance : ประเมินเป็น good, minor defect , major defect
2. ใช้ medicut สอดผ่าน anastomosis เพื่อดู resistant และดูว่าสอดผ่านได้หรือไม่
3. ฉีดน้ำผ่าน anastomosis เพื่อประเมิน
 - a. ดู expansion : ดูว่ามีรอยคอดเวลาฉีดน้ำหรือไม่ ส่วน proximal และ distal ควรโป่งออกเท่ากัน
 - b. ดู outflow : ลำน้ำที่ออกจากปลายควรมีขนาดใกล้เคียงที่ฉีดเข้า
 - c. ดู leakage : ประเมินว่ามี น้ำรั่วเป็น major leak คือพุ่งเป็น jet flow หรือ รั่วซึมเล็กน้อย
4. External appearance : ดูว่ามี trauma, รอยขีด, การ debride adventitia, rotation
5. Internal appearance : ใช้ microscissors ฝาดตามแนว longitudinal แล้วเบะดูการเย็บภายในด้าน suture line, back wall stitch, partial stitch, oblique stitch, interval ระหว่าง stitch และ unequal bite
- 6.

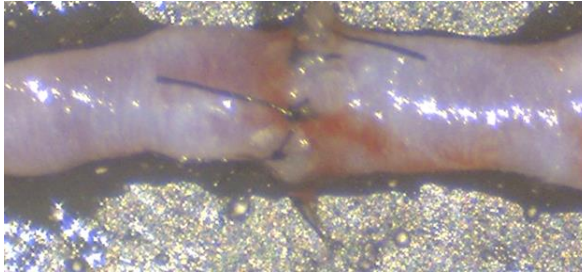


รูปที่ 20 : ขั้นตอนการประเมินผลการฝึก microsurgical anastomosis

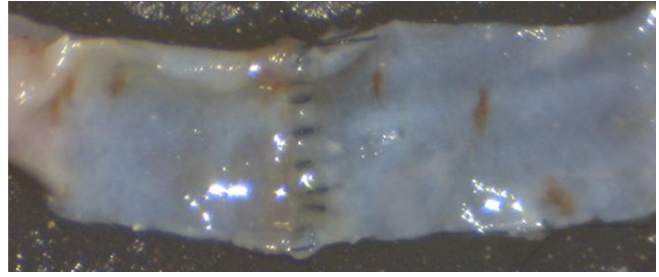
การประเมินในแต่ละห้วข้อจะเป็น feedback ให้ทราบถึงข้อผิดพลาดและผลของการเย็บที่ใช้เทคนิค ผิดพลาด เพื่อผู้ฝึกจะได้แก้ไขและพัฒนา รวมทั้งเปรียบเทียบความก้าวหน้าจากผลคะแนนในแต่ละครั้งที่ฝึก ได้อย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 1 : ตัวอย่างของความผิดพลาดที่พบและแนวทางการแก้ไข

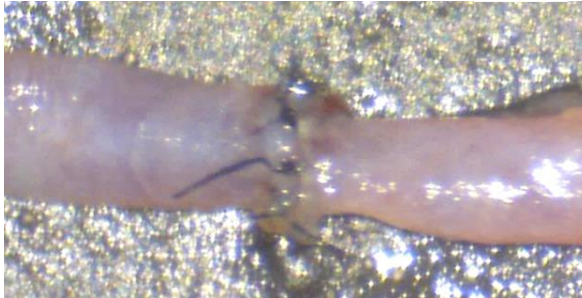
มีรอย forceps นึกที่ผนังเส้นเลือด	หลีกเลี่ยง full thickness grasp, จับที่ adventitia หรือ เหลือหางไหมไว้จับเพื่อ manipulate เส้นเลือด
มีรูเข็มกว้าง หรือรอยฉีกตามรูเข็ม	หมุนเข็มตาม curve เข็ม , จัดให้ไหมขนานกับเส้นเลือดขณะสาวไหม ระวังการดึงไหมเป็นมุมฉากกับการเย็บ
มีรอยตัดที่เส้นเลือด	ใช้กรรไกรโค้งในการ debride adventitia เพื่อหลีกเลี่ยงการตัด wall เส้นเลือดขณะ debrie
มี adventitia ในรอยต่อ	Debride adventitia ให้เห็น intima ชัดเจนก่อนเย็บทุกครั้ง
เส้นเลือดมีรอยคอด	จัดวางเส้นเลือดให้ตรงกันก่อนต่อ และแบ่งช่องไฟให้กระจายเท่ากันทั้ง whole circumference
เส้นเลือดบิด kink	จัดเส้นเลือดให้ตรงก่อนเย็บโดยเฉพาะการทำ vein graft และ end-to-side anastomosis
Back wall stitch	Debride adventitia ให้เห็น intima wall ชัดเจน, ใช้กำลังขยายให้สูงพอที่จะเห็น lumen, ห้ามเย็บไหมถ้าไม่เห็น lumen ชัดเจน, check stitches ที่เย็บไปแล้วจากด้านใน lumen หลังพลิกเส้นเลือด , 2 stitches สุดท้าย เย็บไหมทั้ง 2 stitches ก่อน แล้วค่อยผูกทีหลัง
Partial stitch	ใช้กำลังขยายให้สูงพอที่จะเห็น lumen และเห็นว่าเข็มผ่านเข้าไปใน lumen ทุกครั้ง
Oblique stitch	กะแนวการแทงเข็มให้ตั้งฉากกับรอยตัด
Dog ear ที่ vessel wall	แบ่งช่องไฟแต่ละ stitches ให้เท่ากัน
Stitches cut through	เย็บให้ห่างรอยต่ออย่างน้อย 1 ความหนา vessel wall
ขอบ vessel ม้วนเข้า	เย็บให้ห่างรอยต่อไม่เกิน 2 ความหนา vessel wall



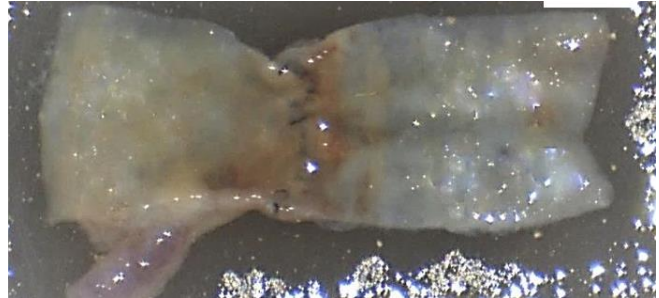
1



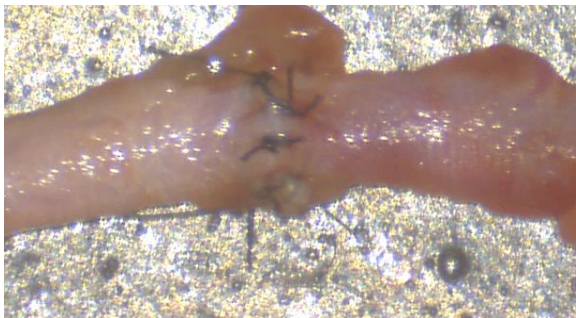
2



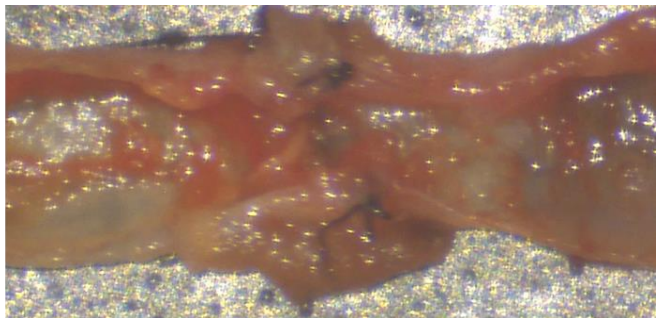
3



4



5



6

รูปที่ 21 : ตัวอย่างของ anastomosis ที่ success (1,2) และ ตัวอย่าง pitfalls ที่พบได้ใน anastomosis ที่ failure (3-6)

ขั้นตอนการฝึก basic microsurgery

ขั้นตอนการฝึกฝนควรเริ่มจาก artery ซึ่งมีผนังหนา ผนังหลอดเลือดมีความแข็งแรง มีความยืดหยุ่น และ ผนังหลอดเลือดสามารถคงรูปเป็นทรงกระบอกทำให้เย็บได้ง่าย โดยเมื่อผู้ฝึกสามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้องและชำนาญแล้ว ก็จะขยับไปฝึกในเส้นเลือดที่มีขนาดเล็กลง และหลอดเลือดดำซึ่งมีลักษณะผนังบาง ผนังไม่คงรูป และ เกิดการหนีขาดได้ง่าย

ลำดับการฝึกที่แนะนำสำหรับผู้ฝึกเบื้องต้นจะมีลำดับดังนี้

1. Artery (end-to-end : flip-able , back wall first)
2. Vein (end-to-end)
3. Nerve anastomosis
4. Interposition vein graft
5. End-to-side technique
6. Living specimen (rat femoral artery, vein, carotid, aorta)

ลำดับการฝึกใน Specimen ที่แนะนำตามลำดับขั้นจะเป็นดังนี้

1. Rubber gloves
2. Silicone or rubber tube
3. Chicken thigh
 - a. Femoral vessel
 - b. Tibial vessel
4. Chicken wing
 - a. Upper wing vessel
 - b. Middle wing vessel
 - c. Lower wing vessel
5. Placenta vessel
 - a. Dissection
 - b. Various diameters of arteries and vein
6. Living rat
 - a. Femoral artery
 - b. Femoral vein
 - c. End-to-end anastomosis
 - d. End-to-side anastomosis

การฝึกผ่าตัดจลศัลยกรรมในสัตว์ทดลอง

การฝึกต่อเส้นเลือดใน living specimen จะมีข้อดีคือ จะมี blood flow, bleeding และ สามารถ test patency และ late thrombosis ได้จริงภายหลังการฝึก ซึ่งจะทำให้ผู้ฝึกได้เข้าใจถึงสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นจริงในการผ่าตัดในผู้ป่วยจริง แต่อย่างไรก็ตาม การใช้สัตว์ทดลองนั้นต้อง sacrifice สัตว์ มีราคาสูง และ มีความเสี่ยงเรื่องของ disease transmitted disease ดังนั้น การใช้สัตว์ทดลองแต่ละครั้ง ผู้ฝึกควรที่จะฝึกปฏิบัติใน non-living specimen มาก่อนให้ชำนาญ และศึกษากระบวนการขั้นตอนการฝึกในสัตว์ทดลองมาเป็นอย่างดี เพื่อให้ การใช้สัตว์ทดลองแต่ละครั้งให้เกิดประโยชน์สูงสุด

สัตว์ทดลองที่นิยมใช้ในการฝึกตัดต่อเส้นเลือดทางจลศัลยกรรมคือหนูขาว สายพันธุ์ MLAC SD โดยขนาดที่ใช้จะมีอายุประมาณ 8-12 สัปดาห์ ซึ่งจะมี น้ำหนักอยู่ในช่วง 300-500 กรัม เส้นเลือดที่สามารถใช้ในการฝึกจะได้แก่ เส้นเลือดที่บริเวณขาหนีบ (femoral และ epigastric vessels) เส้นเลือด carotid และ เส้นเลือด aorta โดยแนะนำให้เริ่มใช้บริเวณขาหนีบก่อน เนื่องจากการฝึกที่บริเวณ carotid และ aorta มีความเสี่ยงที่จะทำให้หนูเสียชีวิตได้ง่ายระหว่างฝึก



รูปที่ 22 : หนู rat (MLAC SD) ขนาด 300 -350 กรัม

อุปกรณ์ในการฝึกผ่าตัดในหนู

1. หนูขาว (MLAC SD นน. 300-500 กรัม)
2. เครื่องมือ Basic microsurgery set
3. Bipolar cautery สำหรับ stop bleeding
4. Irrigation solution (Tsai's solution) ผสมจาก Ringer lactate solution 100 cc. + Heparin 3000 unit + 2% Xylocain 30 cc
5. Syringe 10 cc. + Medicut No. 26G ใช้ irrigate เส้นเลือด
6. อุปกรณ์ให้ยาสลบหนู
 - a. กล่องใส่หนู 2 ใบ (ก่อนและหลังการฉีดยาสลบ)
 - b. ถังมือจับหนู
 - c. ขวดน้ำเจาะช่องกลางขวดสำหรับจับยึดหนูขณะฉีดยา
 - d. ยาสลบหนู ได้แก่
 - i. Nembutol ขนาด dose ที่ใช้คือ 6 mg ต่อ นน.หนู 100 กรัม
 - ii. Thiopental ขนาด dose ที่ใช้คือ 5 mg ต่อ นน.หนู 100 กรัม
 - e. Syringe 10 cc. + เข็ม 21G (ฉีดยาสลบทาง intraperitoneum route)
7. อุปกรณ์จับยึดหนูสำหรับเตรียมผ่าตัด
 - a. กระดานไม้ก๊อก กว้างยาวประมาณ 8x12 นิ้ว

- b. เทปกาวหนังไก่ (สำหรับยึดแขนขา)
- c. เชื่อมหมุด 10 ชั้น (สำหรับยึดเทปและ retractor)
- d. หนังยาง (ใช้ทำ retractor)
- e. คลิปหนีบกระดาษ (ใช้ทำ retractor)
- f. ครีมกำจัดขน (ยี่ห้อ Veat)
- g. Syringe และ medicut สำหรับ suction secretion ในปาก



รูปที่ 22 : อุปกรณ์และยาสลบที่ใช้ในการการฝึกผ่าตัดใน living specimen

ขั้นตอนในการเตรียมหนูทดลอง

1. นำหนูทดลองมาพักไว้ในกล่องที่ 1 โดยให้น้ำและอาหาร
2. เตรียมยาสลบโดยผสมดังนี้
 - a. Nembutol
 - i. เริ่มต้น concentration 60 mg/1 ml.
 - ii. ผสมกับ normal saline 1:10
 - iii. จะได้ solution 1 cc. ที่มี nembutol 6 mg. (แล้วติด label ไว้)
 - iv. Dose หนู 100 กรัม ใช้ nembutol 6 mg. (cc. ของ solution ที่ผสมแล้ว)
3. การจับหนูเพื่อเตรียมฉีดยาสลบ
 - กรณีที่หนูมีขนาดเล็ก (น้ำหนักประมาณน้อยกว่า 300 กรัม) จับหนูที่หางแล้วค่อยๆหย่อนหัวหนูลงไปในขวดพลาสติกที่เตรียมไว้ หนูจะมุดลงไปติดที่คอขวดขวดและส่วนท้องจะหันมาที่ช่องที่เจาะไว้
 - กรณีที่หนูมีขนาดใหญ่ (น้ำหนักมากกว่า 300 กรัม) ควรใช้ฝักดบบริเวณส่วนครึ่งตัวบนของหนู จับส่วนหางยกขึ้น และฉีดยาที่บริเวณท้องของหนู

****ข้อควรระวัง:** อย่าจับบริเวณหางของหนู แล้วห้อยหัวลง เป็นเวลานาน เนื่องจากหนูสามารถ ยกตัวขึ้นมากัดมือของผู้จับที่อยู่บริเวณหางของหนูได้

4. ฉีดยาสลบเข้าที่ intraperitoneum (แนะนำบริเวณ lower quadrant ต่ำกว่าสะดือ) ด้วยเข็มเบอร์ 21G
5. โดยปรกติหนูหนัก 300 กรัม จะเริ่มฉีดยาประมาณ 2-2.5 cc. แล้วรอ 10-15 นาที หลังจากนั้นเติมครั้งละ 0.5-1 cc. แล้ว observe ดูจนหนูหลับ

****ข้อควรระวัง :** ไม่ควรฉีดยามากเกินไปจะทำให้ overdose และตายก่อนใช้งาน

6. เมื่อหนูหลับ นำหนูมานอนหงายบนกระดานไม้ก๊อก
7. ใช้เทปกาวหนังไก่ พันรอบมือและเท้า และใช้เข็มหมุดปักที่เทป เพื่อยึดไว้กับกระดาน



รูปที่ 23 : วิธีการจับหนูเพื่อฉีดยาสลบ และการจัดวางหนูเพื่อเตรียมผ่าตัด

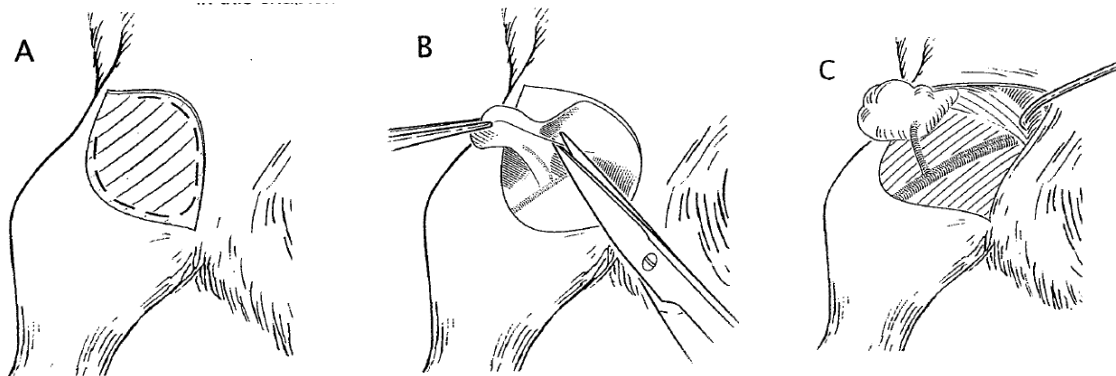
8. ใช้เหนียงยางดึงบริเวณพื่นหน้าและยึดกับกระดานด้วยเข็มหมุดเพื่อเปิด airway
9. ทาครีมกำจัดขนที่ขาหนีบทั้ง 2 ข้าง รอ 15 นาที แล้วขูดขนออก
10. หนูที่เตรียมบริเวณขาหนีบ สำหรับฝึกผ่าตัด femoral vessels พร้อมใช้งาน



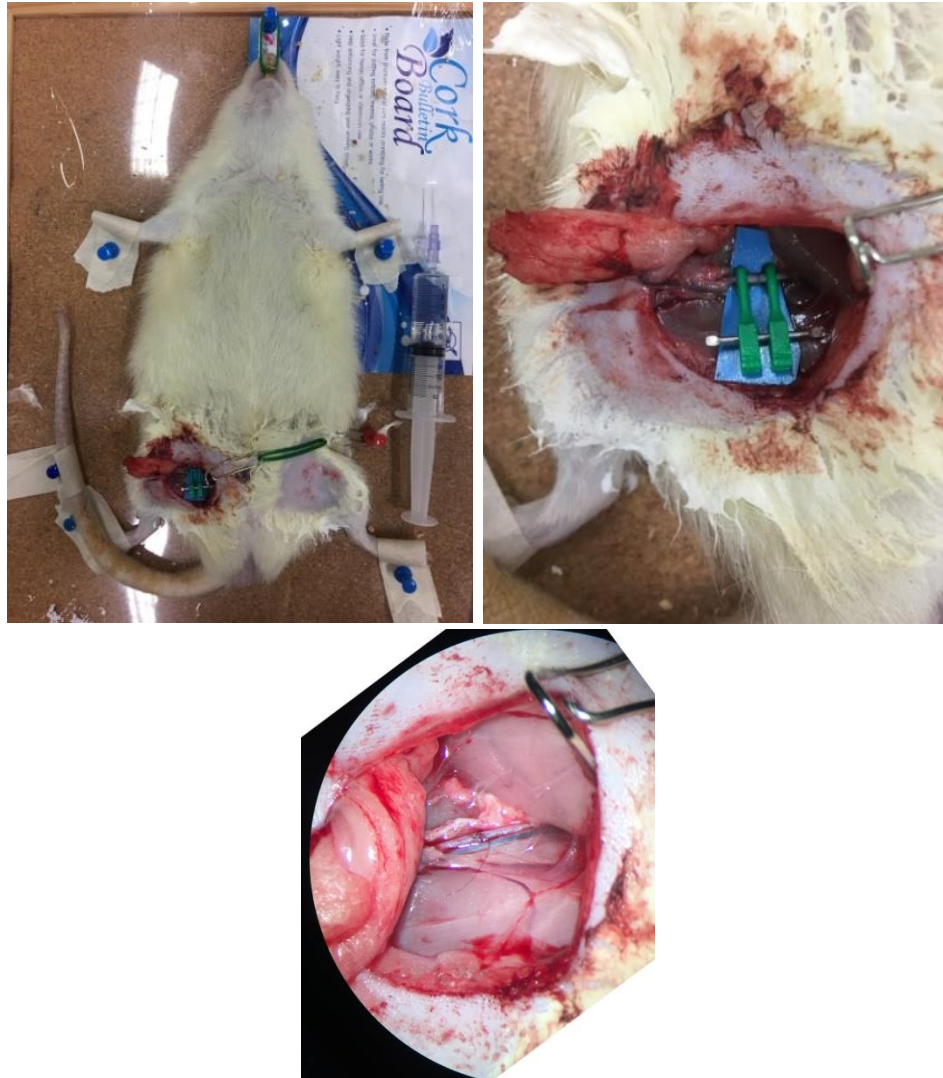
รูปที่ 24 : การเตรียมหนูสำหรับผ่าตัด femoral artery anastomosis

ขั้นตอนการผ่าตัด femoral artery anastomosis

1. กรีด oblique incision ตัดความกว้างของขาหนีบ ตามแนว inguinal ligament จาก superolateral ลงมาที่ inferomedial ให้เห็น subcutaneous fat
2. เลาะ subcutaneous fat แบบ lateral based flap เพื่อใช้ compress เส้นเลือด และ stop bleeding
3. Identify เส้นเลือด femoral vessel (อยู่ตามแนว superomedial to inferolateral) และ epigastric vein (อยู่ด้าน lateral ตั้งฉากกับ femoral vessel) โดย expose ให้ได้ area ตั้งแต่ inguinal ligament จนถึง ขอบ lateral สุดของแผล
4. ใช้ คลิปหนีบกระดูกงอให้เป็น retractor ดึงส่วนของ inguinal ligament และ skin ไปทาง superolateral และยึดคลิปหนีบกระดูกกับหนังยางแล้วปักด้วยเข็มหมุดที่ฝั่งตรงข้ามของข้างที่ผ่าตัด เพื่อ retract ขอบแผล
5. Retract ขอบแผลด้วยวิธีเดียวกันมาทางด้าน lateral
6. Dissect เส้นเลือด femoral artery ออกจาก vein และ nerve ให้ได้ free area ตั้งแต่บริเวณ inguinal ligament จนถึงขอบ lateral สุด (femoral artery จะเห็นเป็นเส้นสีขาว อยู่กลางระหว่าง femoral vein สีดำ superior และ femoral nerve สีเหลืองอยู่ inferior สุด : เรียงจากบนลงล่าง V.A.N)
7. ผูกและตัด murphy branch เพื่อให้เส้นเลือดที่จะต่อสามารถ mobilized ได้
8. ก่อนทำการตัดต่อเส้นเลือดให้เลื่อนตำแหน่งเข็มหมุดที่ยึดขาข้างที่จะทำให้ข้อสะโพกหย่อนเพื่อให้ vessel หย่อนป้องกันเส้นเลือดตึงขณะทำการเย็บเส้นเลือด
9. Rat femoral artery พร้อมสำหรับการฝึกผ่าตัดต่อเส้นเลือด



รูปที่ 25 : ภาพแสดงการ dissection femoral artery ใน living rat specimen

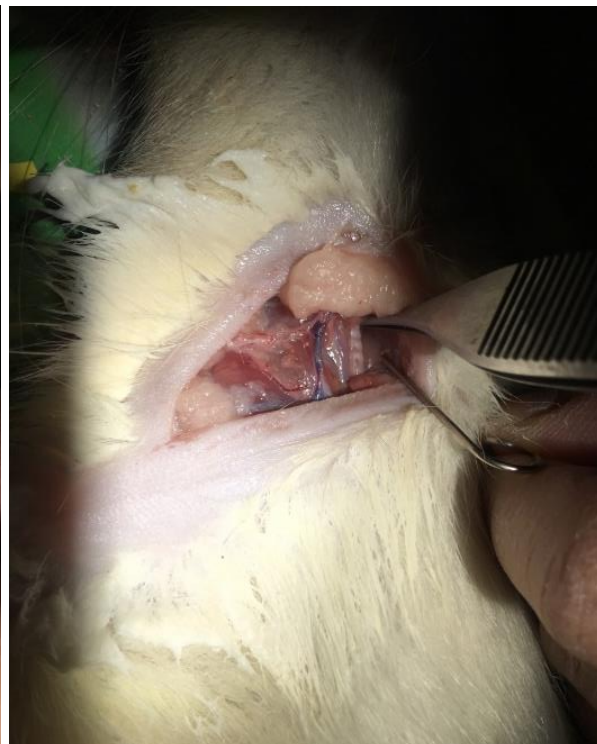


รูปที่ 26 : ภาพ femoral artery anastomosi ก่อนและหลังการผ่าตัด

ขั้นตอนการผ่าตัด Carotid artery anastomosis

1. ทาครีมกำจัดขนและชุดเอาขนที่บริเวณคอออก
2. Mark ส่วน midline ของคอหนู
3. ลงแผล transverse incision เหนือระดับของขาหน้าของหนู
4. Split subcutaneous fat และ strap muscle ด้วย clamp
5. Identify trachea บริเวณ midline
6. Dissection ด้าน lateral จะพบ carotid artery และ vein อยู่ข้าง trachea
7. Dissect carotid artery ไปด้าน proximal และ distal ประมาณ 0.5-1 ซม.
8. เส้นเลือด Carotid artery พร้อมใช้ฝึกปฏิบัติการทางจุลศัลยกรรม

**** ข้อควรระวัง :** ไม่ควรใช้ carotid artery เป็นเส้นเลือดเส้นแรกในการฝึก เนื่องจากการกระตุ้นในบริเวณนี้จะมีโอกาสทำให้หนูเสียชีวิตได้ง่ายกว่าการใช้ femoral vessel



รูปที่ 26 : ขั้นตอนการ dissection carotid artery ในหนูทดลอง