

แนวคิด Ideal closure line: เทคนิคในการหนีบทลอดเลือดสมองโป่งพอง Concept of ideal closure line: A clipping technique for cerebral aneurysms

กิตติพร ศรีอมรรัตนกุล, พ.บ. ว.ว. ประสาทศัลยศาสตร์
นาแสง อัครธรรมโชติ, พ.บ. ว.ว. ประสาทศัลยศาสตร์
สมเกียรติ วงศ์สุรียนันท์, พ.บ. ว.ว. ประสาทศัลยศาสตร์

หน่วยประสาทศัลยศาสตร์ ภาควิชาศัลยศาสตร์
คณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช

บทนำ

การรักษาโดยการผ่าตัดเปิดกะโหลกศีรษะเพื่อหนีบทลอดเลือดสมองโป่งพอง (craniotomy for aneurysm clipping) เป็นการรักษามาตรฐานที่ใช้กันมาตั้งแต่ปี 1950 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการแตกซ้ำโดยใช้ clip ไปหนีที่คอของ aneurysm (aneurysm neck) เพื่อไม่ให้มีเลือดไหลเวียนเข้าไปใน aneurysm^{1,2} การหนี aneurysm neck ด้วยคลิป (aneurysm clip) มีวัตถุประสงค์เพื่อปิดปากทาง (orifice) ของ aneurysm ซึ่งมีลักษณะสามมิติทำให้เกิดแนวเส้นตรงหรือเส้นโค้งขึ้นบน parent artery ซึ่งเกิดจาก blade ของ aneurysm clip เรียกแนวเส้นที่เกิดขึ้นใหม่นี้ว่า “Closure line”¹ แต่อย่างไรก็ตาม การหนีบทลอดเลือดสมองโป่งพองด้วย clip พบว่า 5.9-42% มีส่วนของหลอดเลือดสมองโป่งพองเหลืออยู่หลังการผ่าตัด (aneurysm remnant) โดยพบว่า aneurysm ของ anterior cerebral artery เป็นตำแหน่งที่พบ aneurysm remnant บ่อยที่สุด³⁻⁵ Aneurysm remnant มีโอกาสมีขนาดใหญ่ขึ้นและแตกได้แม้ว่าจะมีขนาดเพียง 1-2 มิลลิเมตรเท่านั้น^{5,6} จากการตรวจติดตามด้วย cerebral

angiography ในระยะยาวพบว่า 25% ของ aneurysm remnant ที่มีขนาดเล็ก (dog-ear remnant) และ 75% ของ aneurysm remnant ที่มีขนาดใหญ่ (broad-based remnant) มีขนาดใหญ่ขึ้น⁷ Aneurysm remnant อาจสามารถอุดได้ด้วยวิธีการสวนหลอดเลือด (endovascular techniques)⁸ แต่การผ่าตัดหนีบทลอดเลือดสมองโป่งพองให้หมดในการผ่าตัดครั้งแรกโดยไม่เหลือ aneurysm remnant หรือเหลือให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยไม่ต้องไม่ทำให้เกิดการอุดตันต่อ parent artery เป็นสิ่งที่ดีที่สุด²

มีหลายบทความที่พยายามบรรยายถึงวิธีการในการหนีบทลอดเลือดสมองโป่งพองด้วย clip เพื่อให้สามารถกำจัดหลอดเลือดสมองโป่งพองให้หมดหรือเหลือ aneurysm remnant ให้น้อยที่สุด แต่ก็ยังไม่มีรูปแบบหรือแนวคิดที่ชัดเจน ส่วนใหญ่มักอาศัยประสบการณ์จากการผ่าตัดในการตัดสินใจใส่คลิปแบบต่างๆ⁹⁻¹²

ในปี 2007 Ishikawa และคณะ¹³ ได้เสนอเทคนิคในการหนีบทลอดเลือดสมองโป่งพองโดยใช้แนวคิด closure line (concept of closure line) และ application angle โดยพิจารณาจากรูปร่าง (morphology) ของ aneurysm

neck เพื่อเป็นแนวทางในการหนีบ aneurysm ได้อย่างเหมาะสมโดยไม่เหลือ neck remnant หรือเหลือน้อยที่สุด^{1,13,14}

แนวคิด Ideal closure line (Concept of ideal closure line)

“Closure line” คือ แนวเส้นที่เกิดบน parent artery หลังจากการใส่คลิปซึ่งเกิดจาก clip blade สองข้างประกบกัน¹³ (รูปที่ 1)

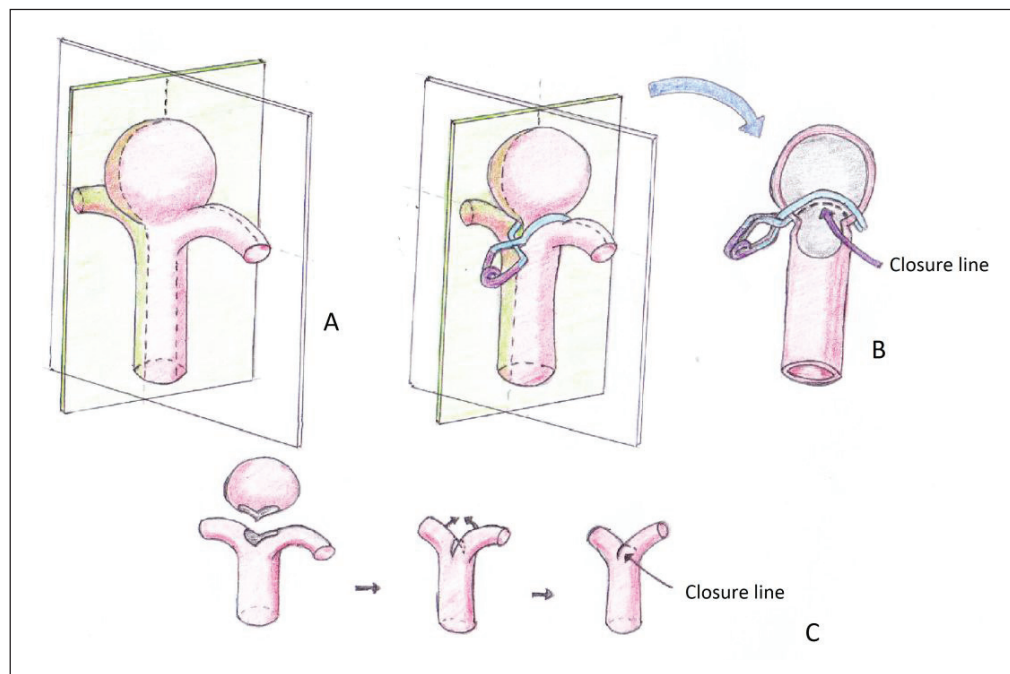
ลักษณะรูปทรงของ aneurysm (aneurysm configuration) แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ¹³

1. Bifurcation type aneurysm มีปากทาง (orifice) อยู่ตรงกลางระหว่างแขนงหลอดเลือดทั้งสอง (efferent arteries) เกิดจากร่องโค้งตรงกลางทางแยกของแขนงหลอดเลือด (bifurcation) โดยร่องโค้งนี้อยู่ในแนวตั้งฉาก (perpendicular) กับแนวของแขนงหลอดเลือด (efferent artery) ซึ่งก็คือ ideal closure line ของ aneurysm ชนิดนี้

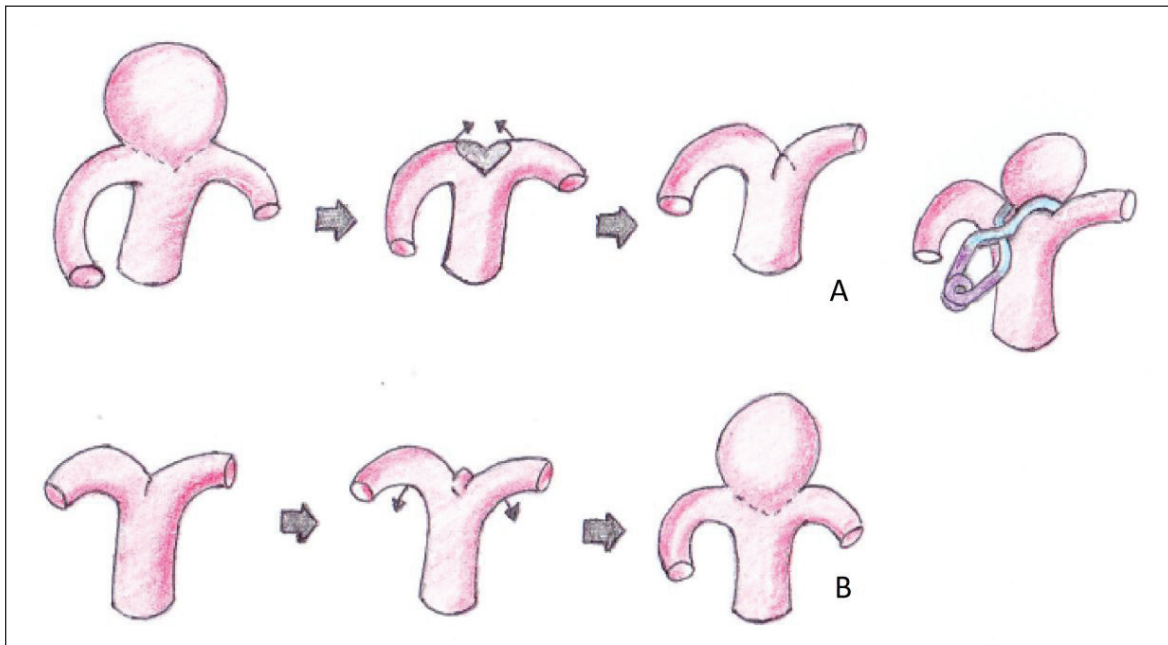
การปิด orifice ด้วยคลิปในแนว ideal closure line จะได้ลักษณะของหลอดเลือดเหมือนกับก่อนจะมี aneurysm (รูปที่ 2)

2. Trunk type aneurysm มีปากทาง (orifice) อยู่บนแขนงหลอดเลือดข้างหนึ่ง (one of the efferent arteries) ideal closure line คือเส้นตรงในแนวขนาน (parallel) กับแขนงหลอดเลือดที่มี aneurysm นั้น การปิด orifice ด้วยคลิปในแนว ideal closure line ทำให้ bulging บน efferent artery หายไปเหมือนกับสภาพก่อนมี aneurysm (รูปที่ 3) และไม่เกิดการหักงอ (kinking) ของ efferent artery ที่มี aneurysm อยู่ (รูปที่ 7)

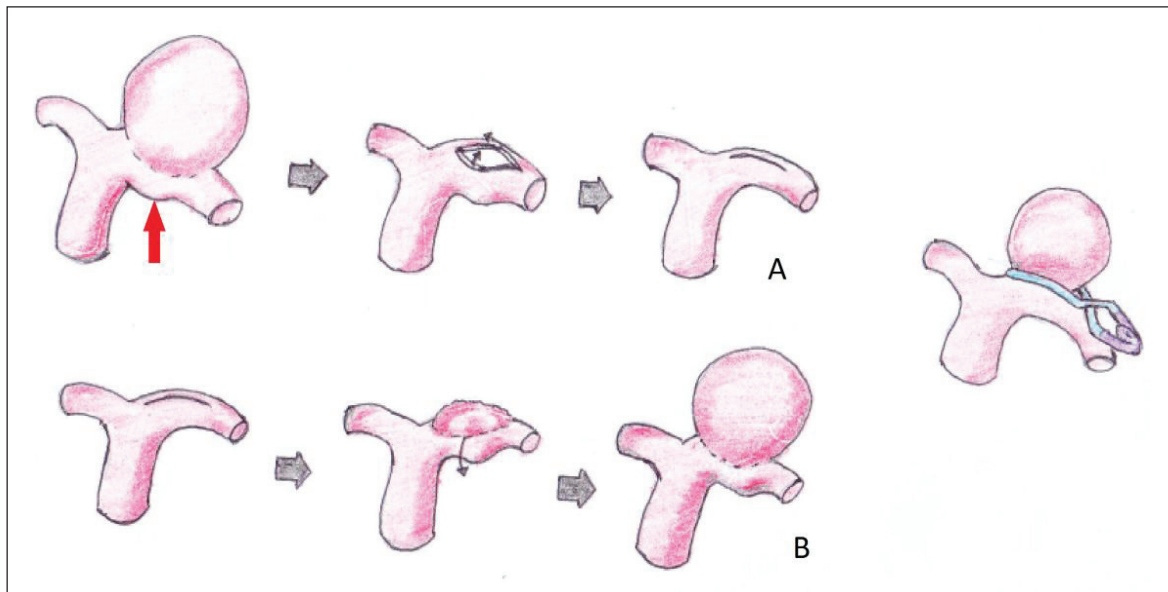
3. Combined type aneurysm มีลักษณะรวมกันของ bifurcation type และ trunk type คือ มีปากทาง (orifice) อยู่บนทั้งร่องระหว่างแขนงหลอดเลือดและบนแขนงหลอดเลือด ideal closure line จึงเป็นรูป “T” โดยส่วนหัวของตัวอักษรคือร่องตรงกลางระหว่างแขนงหลอดเลือด และส่วนล่างของตัวอักษรอยู่บนแขนงหลอดเลือดข้าง



รูปที่ 1 ภาพ bifurcation type aneurysm ร่วมกับ plane ในแนวขนานกับ efferent artery (plane สีส้ม) และ plane ในแนวตั้งฉากกับ efferent artery (plane สีเขียว) (รูป A) ภาพ aneurysm หลังใส่คลิปใน plane แนวตั้งฉากกับ efferent artery แสดง closure line (รูป B) ภาพ aneurysm หลังจากตัด aneurysm ออกจาก parent artery ในแนว closure line (ตัดแปลงจาก Kamiyama H et al.¹⁵)



รูปที่ 2 Bifurcation type aneurysm แสดงปากทาง (orifice) ซึ่งอยู่ตรงกลางระหว่างแขนงหลอดเลือดทั้งสอง (efferent arteries) และการปิด orifice ด้วยคลิปในแนว ideal closure line จะได้ลักษณะของหลอดเลือดเหมือนกับก่อนจะมี aneurysm (รูป A) แนว ideal closure line นี้เป็นจุดกำเนิดของ aneurysm ชนิดนี้ (รูป B) (ดัดแปลงจาก Ishikawa T et al.¹, Ishikawa T¹³, Kamiyama H et al.¹⁵)

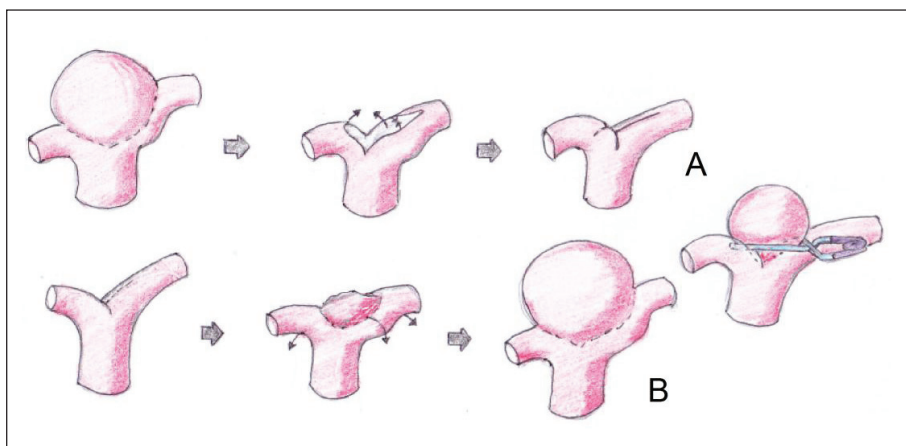


รูปที่ 3 Trunk type aneurysm แสดงปากทาง (orifice) ซึ่งอยู่บนแขนงหลอดเลือดข้างหนึ่ง (one of the efferent arteries) และการปิด orifice ด้วยคลิปในแนว ideal closure line ในแนวขนาน (parallel) กับแขนงหลอดเลือดที่มี aneurysm ทำให้ bulging บน efferent artery (ลูกศรสีแดง) หายไปเหมือนกับสภาพก่อนมี aneurysm (รูป A) แนว ideal closure line นี้เป็นจุดกำเนิดของ aneurysm ชนิดนี้ (รูป B) (ดัดแปลงจาก Ishikawa T et al.¹, Ishikawa T¹³, Kamiyama H et al.¹⁵)

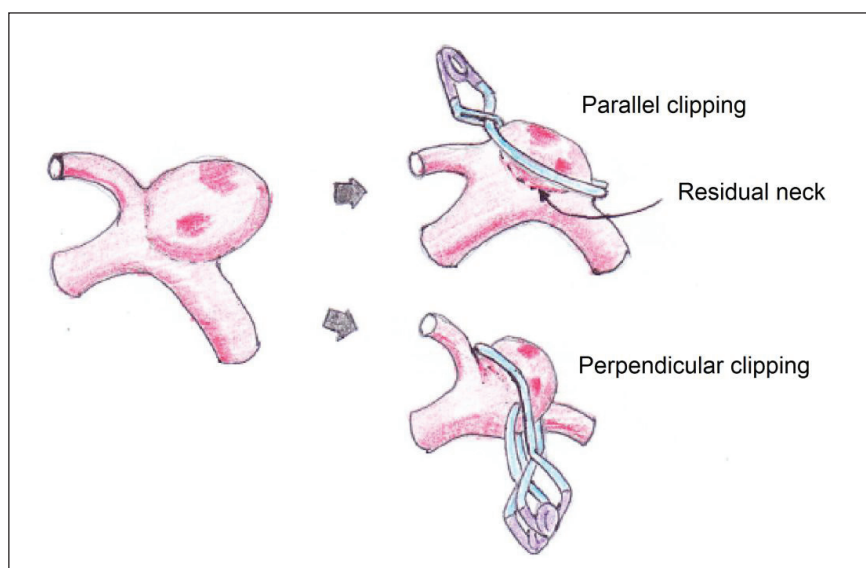
หนึ่งที่มี aneurysm โดยอยู่ในแนวขนานกับแขนงหลอดเลือดนั้น แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถใส่คลิปให้ closure line เป็นรูปตัว “T” ได้ จึงแนะนำให้ใส่คลิปในแนวเฉียงกับแขนงหลอดเลือดแทน (oblique clip) (รูปที่ 4)

การใส่คลิปในแนวอื่นที่ไม่ใช่ ideal closure line จะทำให้เหลือ aneurysm remnant ไม่มากนัก (รูปที่ 5, 6, 7)

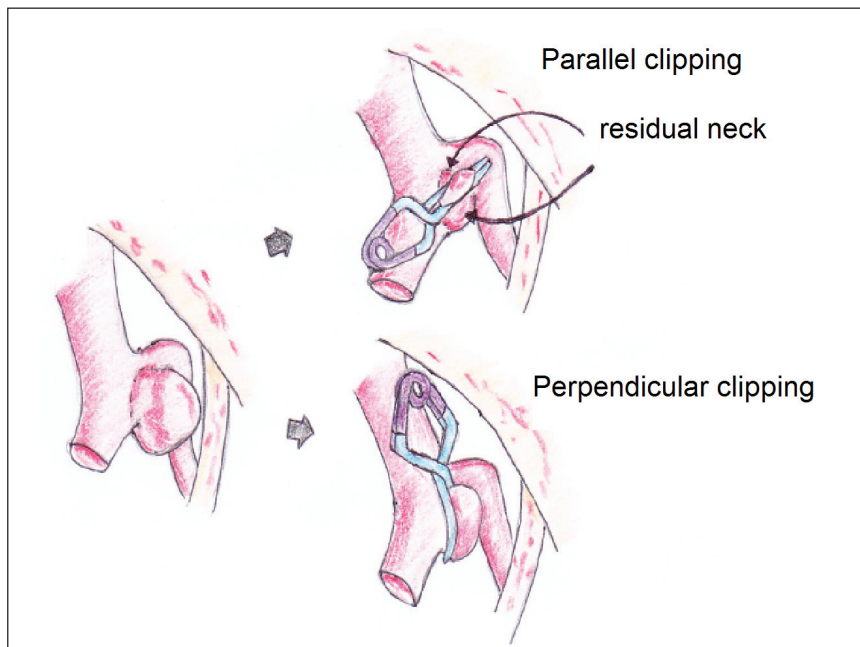
เนื่องจาก ideal closure line ของ bifurcation type และ combined type aneurysm มีลักษณะเป็นเส้นโค้ง (curve line) การใส่คลิปจึงจำเป็นต้องทำให้ closure line เป็นเส้นโค้งเพื่อไม่ให้เหลือ dog-ear remnant วิธีแรกคือ การใช้คลิปตัวเดียว (single clip technique) โดยอาจใช้คลิปโค้งหรือ shank clip (crankshaft clip: clip blade งอเป็นมุมฉากคล้ายรูปชั้นบันได) (รูปที่ 8) ซึ่งมักจะไม



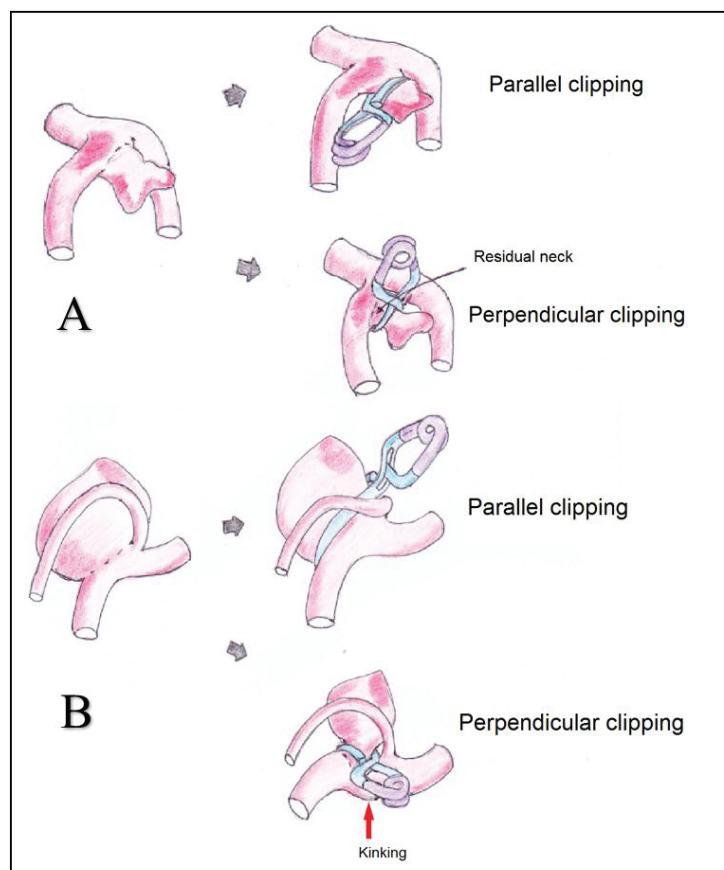
รูปที่ 4 Combined type aneurysm แสดงปากทาง (orifice) อยู่บนทั้งร่องระหว่างแขนงหลอดเลือดและบนแขนงหลอดเลือดเหมือนเป็นรูป “T” ซึ่งเป็น ideal closure line และการปิด orifice ด้วยคลิปในแนว ideal closure line ไม่สามารถทำได้ในทางปฏิบัติ จึงแนะนำให้ใส่คลิปในแนวเฉียงกับแขนงหลอดเลือดแทน (oblique clip) (รูป A) แนว ideal closure line รูป “T” เป็นจุดกำเนิดของ aneurysm ชนิดนี้ (รูป B) (ดัดแปลงจาก Ishikawa T et al.¹, Ishikawa T¹³, Kamiyama H et al.¹⁵)



รูปที่ 5 Bifurcation type aneurysm of MCA bifurcation ใส่คลิปแบบ parallel clipping จะเหลือ residual neck บริเวณ parent artery ถ้าใส่คลิปแบบ perpendicular clipping (ideal closure line) จะไม่เหลือ residual neck (ดัดแปลงจาก Kamiyama H et al.¹⁵)



รูปที่ 6 Bifurcation type aneurysm of right internal carotid-posterior communicating artery (IC-PC) aneurysm ใส่คลิปแบบ parallel clipping จะเหลือ residual neck บริเวณ parent artery ถ้าใส่คลิปแบบ perpendicular clipping (ideal closure line) จะไม่เหลือ residual neck (ดัดแปลงจาก Kamiyama H et al.¹⁵)

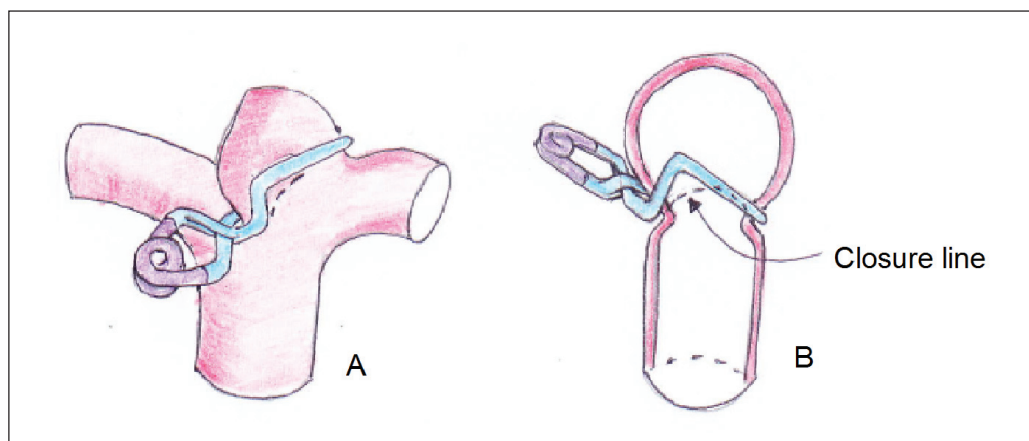


รูปที่ 7 Trunk type aneurysm of MCA bifurcation ใช้คลิปหนีบแบบ perpendicular clipping จะเหลือ residual neck (รูป A ล่าง) Trunk type aneurysm ขนาดใหญ่ ใช้คลิปหนีบแบบ perpendicular clipping จะเกิดการหักงอ (kinking) ของ efferent artery ที่มี aneurysm อยู่ (รูป B ล่าง) (ดัดแปลงจาก Kamiyama H et al.¹⁵)

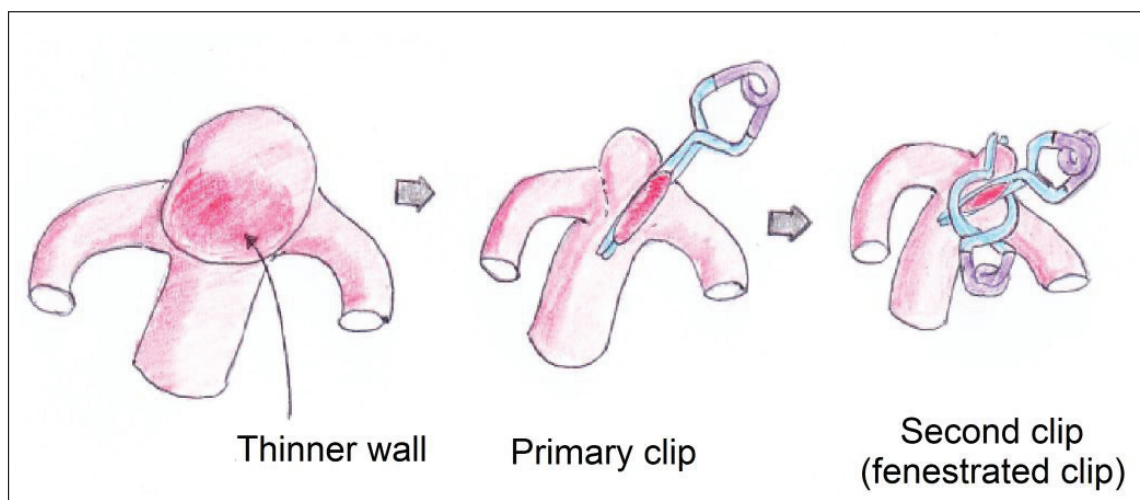
พอดีกับรูปร่างของ aneurysm neck ซึ่งมีรูปทรงหลากหลาย อีกวิธีที่ดีกว่าคือ การใส่คลิปหลายตัว (multiple clip technique) ใส่เรียงกัน (tandem clipping) โดยใช้คลิปตัวแรก (primary clip) ซึ่งมักจะเป็นคลิปโค้ง หนีบส่วนใหญ่ของ aneurysm neck ด้านที่ผนังบางกว่าก่อน (thinner wall) แล้วใช้คลิปอีกตัว (second clip) หนีบต่อจากคลิปตัวแรกเพื่อหนีบ dog-ear remnant เพื่อป้องกันการฉีกขาดของด้านที่ผนังบาง (รูปที่ 9) วิธีนี้สามารถเลือกรูปทรงของคลิปและจัดเรียงคลิปให้ได้มุมและรูปร่างที่เหมาะสมได้หลากหลาย¹ (รูปที่ 10)

การใส่คลิปหลายตัวเรียงกัน (tandem clipping) มีหลายวิธี เช่น under clipping, back-to-back clipping หรือ cross clipping (รูปที่ 10) โดยใช้ fenestrated clip ซึ่งมีทั้ง fenestrated standard-clip และ fenestrated mini-clip (รูปที่ 11) ซึ่งออกแบบเฉพาะมาเพื่อเก็บ dog-ear remnant¹⁶

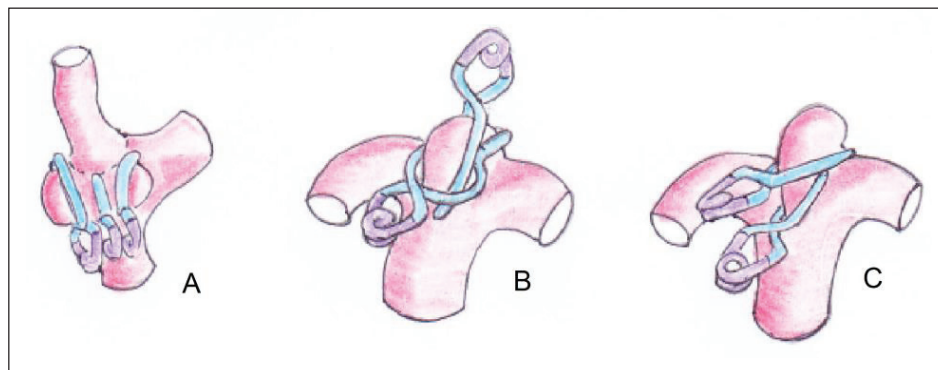
“Closure plane” คือ ระนาบของ closure line ที่เป็นเส้นโค้ง (curve closure line) แบ่งออกเป็น axial, coronal และ sagittal plane (รูปที่ 12) และ ภาพแสดง closure plane ของ anterior communicating artery aneurysm



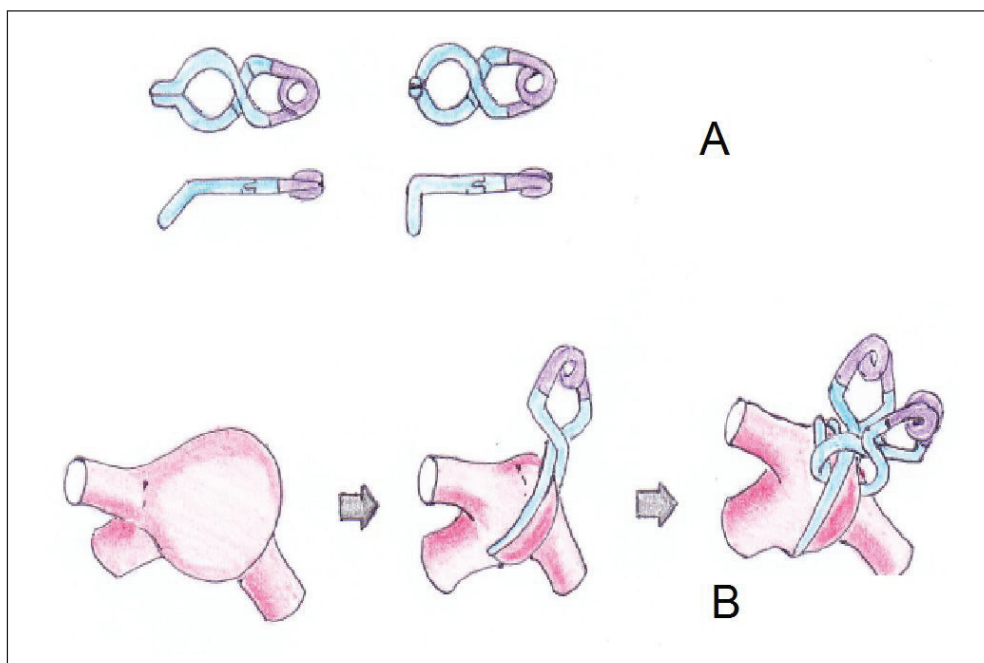
รูปที่ 8 Crankshaft (Shank) clip ตรงบริเวณ clip blade งามเป็นมุมฉากคล้ายรูปขั้นบันได ซึ่งแนว closure line กับรูปร่างของ crankshaft clip ไม่พอดีกัน (ดัดแปลงจาก Ishikawa T et al.¹)



รูปที่ 9 การใส่คลิปหลายตัวเรียงกัน (tandem clipping) โดยใช้คลิปตัวแรก (primary clip) หนีบส่วนใหญ่ของ aneurysm neck ด้านที่ผนังบางกว่าก่อน (thinner wall) แล้วใช้คลิปอีกตัว (second clip) หนีบต่อจากคลิปตัวแรกเพื่อหนีบ dog-ear remnant (ดัดแปลงจาก Ishikawa T et al.¹)



รูปที่ 10 การใส่คลิปแบบ tandem clipping back-to-back clipping (รูป A) cross clipping (รูป B) และ under clipping (รูป C) (ดัดแปลงจาก Ishikawa T et al.¹)



รูปที่ 11 Fenestrated mini-clip 2 ชนิด (รูป A) การใส่ fenestrated mini-clip เพื่อเก็บ dog-ear remnant (รูป B) (ดัดแปลงจาก Ota N et al.¹⁶)

(รูปที่ 13)¹⁴

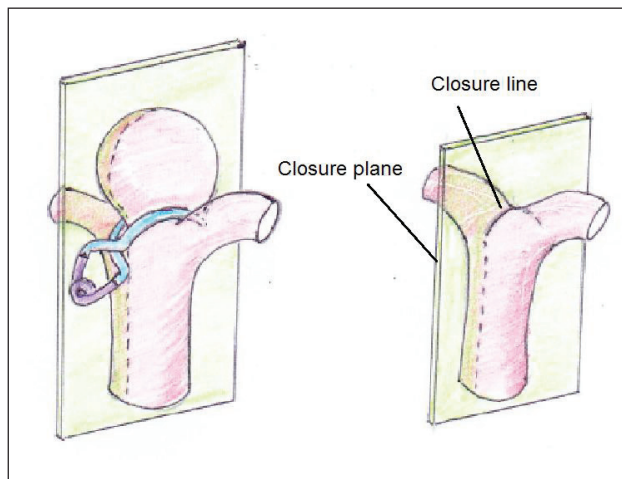
“Application plane” คือ ระนาบบน clip applicator ที่เกิดจากผิวด้านในของ clip blade ที่ประกบกัน ซึ่งเป็นแนวระนาบเดียวกับ Closure plane (รูปที่ 14)¹⁴

“Application angle” คือ ทิศทางในการใส่ clip applicator เพื่อหนีบ aneurysm¹³

ในบาง surgical approach การใส่คลิปในบางมุมเพื่อให้ได้ closure plane ในบาง plane ไม่สามารถทำได้จริง เนื่องจากถูกจำกัดด้วยขอบกะโหลกศีรษะ เช่น ใน

การใส่คลิปเพื่อหนีบ anterior communicating artery (AcoA) aneurysm ผ่านทาง Transsylvian approach ไม่สามารถใส่คลิปใน sagittal plane ได้ (รูปที่ 14) และ Basal interhemispheric approach ไม่สามารถใส่คลิปใน coronal plane ได้ (รูปที่ 15)¹⁴

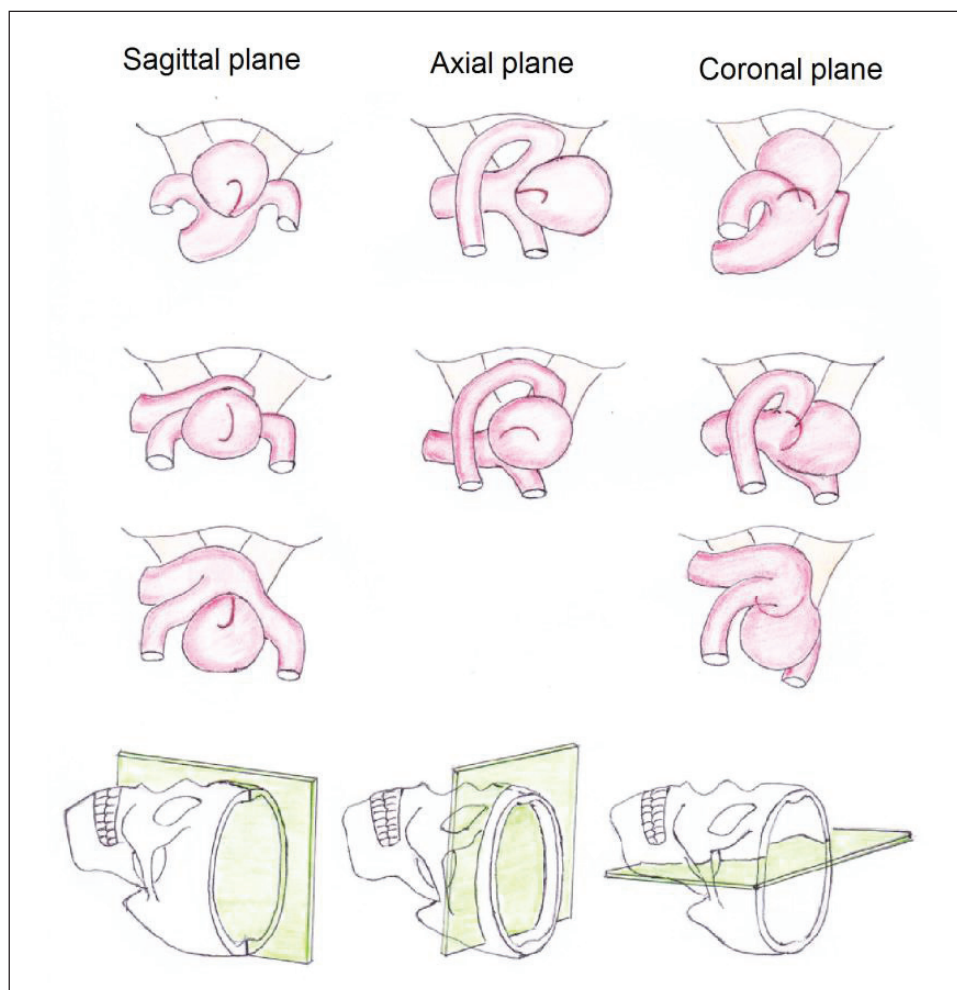
Nakayama พบว่า anterior communicating artery aneurysm เป็น bifurcation type 90.6%, trunk type 5.6%, และ combined type 3.8% โดยใน bifurcation type พบว่ามี ideal closure plane ในแนว sagittal 66%, axial



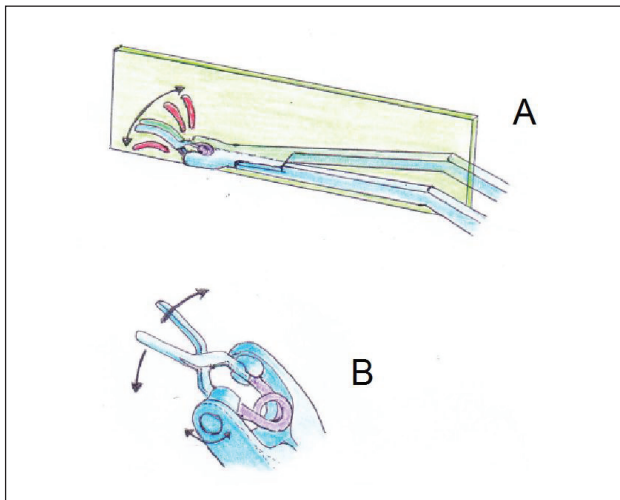
รูปที่ 12 Closure plane คือ ระนาบของ closure line ที่เป็นเส้นโค้ง (curve closure line) (ดัดแปลงจาก Kamiyama H et al.¹⁵)

16.1% และ coronal 17.9% แสดงให้เห็นว่า ส่วนใหญ่ของ anterior communicating artery aneurysm มี closure plane ในแนว sagittal plane การใช้ transsylvian approach จะไม่สามารถใส่คลิปให้ closure plane อยู่ในแนวนี้ได้ แต่สามารถทำได้ด้วย interhemispheric approach¹⁴

Ishikawa และคณะพบว่า middle cerebral aneurysm เป็น bifurcation type 76.5%, trunk type 17.6%, และ combined type 5.9% โดยใช้ transsylvian approach สามารถใส่คลิปในแนว ideal closure line ได้ 92%¹ การคลิป middle cerebral aneurysm โดยผ่านทาง transsylvian approach นั้นสามารถใส่คลิปได้ในแนว axial และ coronal plane ได้ไม่ยาก แต่การใส่คลิปในแนว sagittal plane



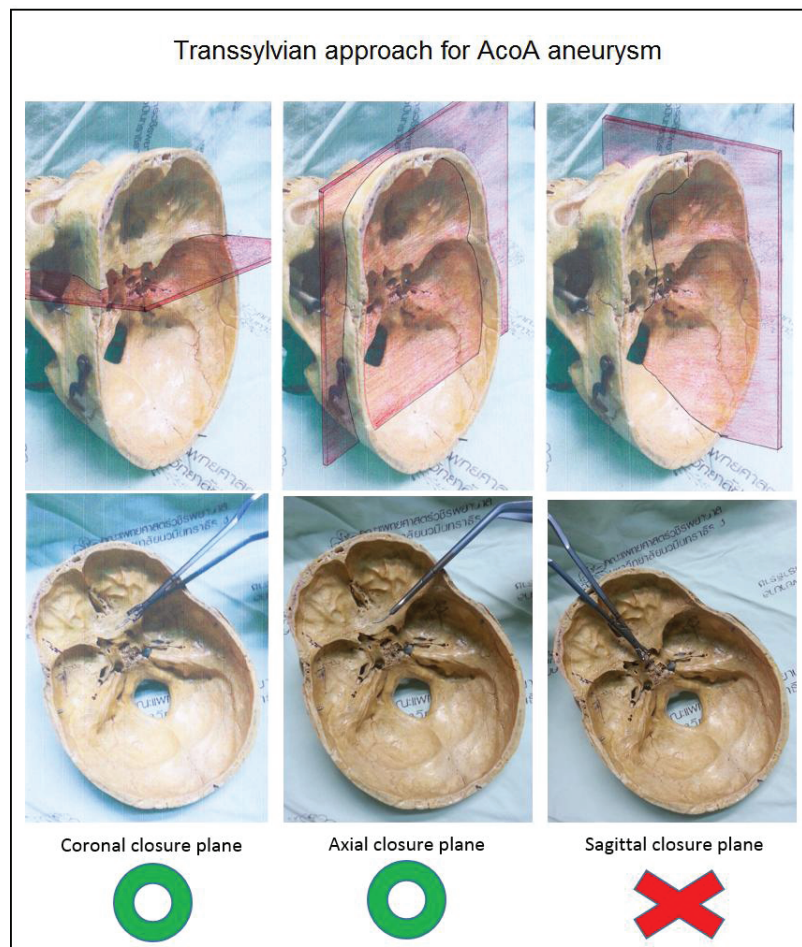
รูปที่ 13 Closure plane ของ anterior communicating artery aneurysm มองจาก basal interhemispheric approach (ดัดแปลงจาก Nakayama N¹⁴)



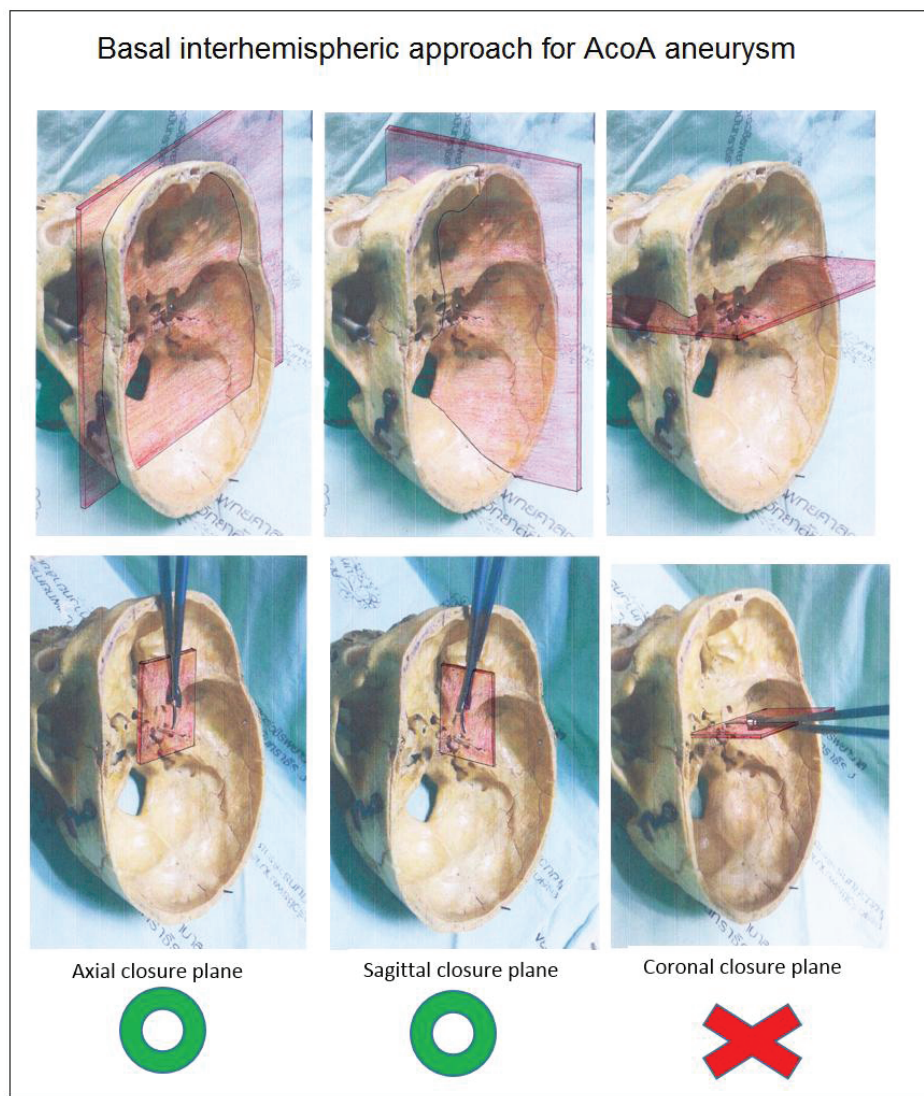
รูปที่ 14 Application plane คือ ระนาบบน clip applicator ที่เกิดจากผิวด้านในของ clip blade ที่ประกบกัน (รูป A) clip applicator ชนิดที่สามารถกระดกปลายคลิปได้ เพื่อให้สามารถใส่คลิปได้หลายมุมใน application plane เดิม (รูป B) (ดัดแปลงจาก Nakayama N¹⁴)

นั้นอาจทำได้ยากหากถูกจำกัดด้วย bony exposure ที่เล็ก หรือการเปิด sylvian fissure ที่ไม่กว้างพอ (รูปที่ 16) ในทำนองเดียวกับการหนีบ internal carotid artery (ICA) aneurysm โดยผ่านทาง transsylvian approach การใส่คลิปในแนว sagittal plane ก็ทำได้ค่อนข้างยากเช่นเดียวกัน

การใส่คลิปให้ได้ ideal closure line ต้องพิจารณาถึง closure plane และ application angle ซึ่งบางครั้งการใส่ clip applicator ถูกจำกัดด้วยขอบกะโหลกศีรษะของแต่ละ surgical approach จึงมีความจำเป็นต้องมีการ mobilize ตัว parent artery หรือแขนงหลอดเลือด (efferent artery) เพื่อเปลี่ยนแนว closure plane บน aneurysm neck ให้สามารถใส่ clip applicator เพื่อวางคลิปให้ closure plane อยู่ในแนวที่เหมาะสมที่สุดได้ การแยก aneurysm ออกจากหลอดเลือดและเนื้อสมองที่อยู่รอบ (complete dissec-



รูปที่ 14 Transsylvian approach เพื่อหนีบ anterior communicating artery (AcoA) aneurysm สามารถใส่คลิปในแนว coronal และ axial plane ได้ แต่ไม่สามารถใส่คลิปในแนว sagittal plane ได้ (ดัดแปลงจาก Nakayama N¹⁴)

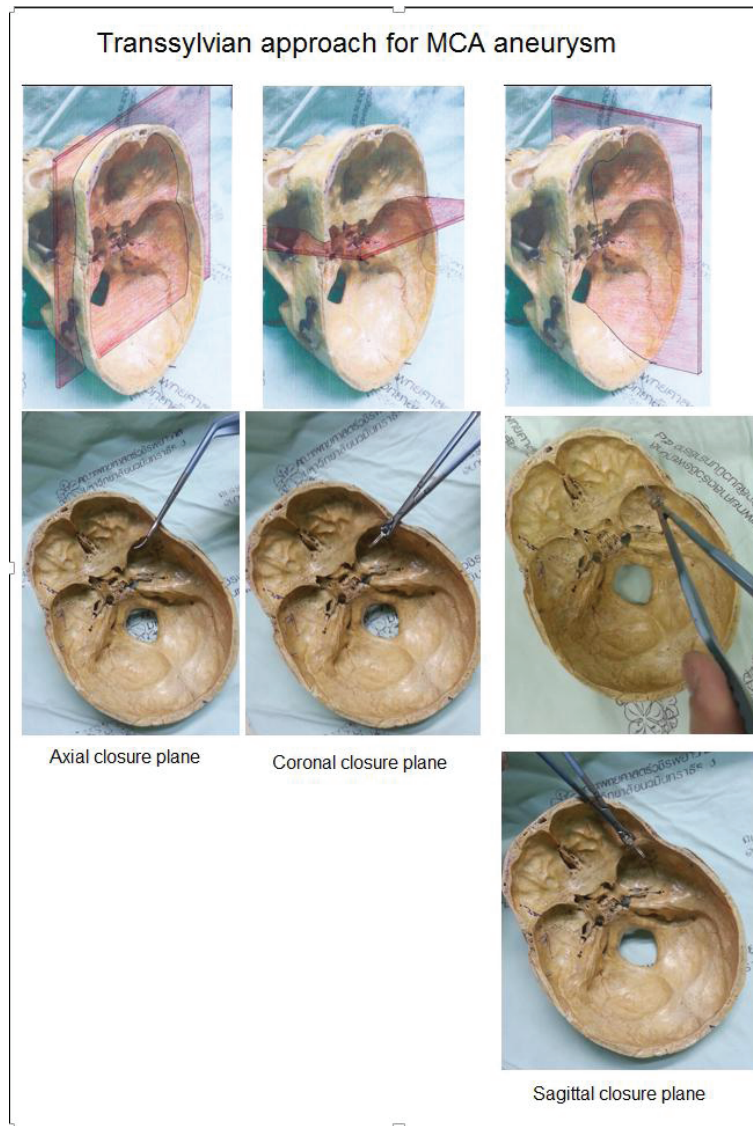


รูปที่ 15 Basal interhemispheric approach เพื่อหนีบ anterior communicating artery (AcoA) aneurysm สามารถใส่คลิปในแนว axial และ sagittal plane ได้ แต่ไม่สามารถใส่คลิปในแนว coronal plane ได้ (ดัดแปลงจาก Nakayama N¹⁴)

tion) และ surgical approach ที่เหมาะสมและกว้างพอมีส่วนสำคัญอย่างมากในการใส่คลิปในแนว ideal closure line ในกรณีที่ไม่สามารถใส่คลิปในแนว ideal closure line ได้ให้พิจารณาใส่คลิปในแนวที่ใกล้เคียงกับ ideal closure line ให้มากที่สุดเพื่อให้เหลือ aneurysm remnant น้อยที่สุด^{1,15} (รูปที่ 17)¹⁵

การผ่าตัดเพื่อหนีบ anterior communicating artery aneurysm โดยส่วนใหญ่จะทำผ่าน pterional approach ไม่ว่าจะเป็น subfrontal approach หรือ transsylvian approach ซึ่งเหมาะกับ aneurysm ที่มี closure plane ในแนว coronal หรือ axial plane (พบประมาณ 34% ของ aneu-

rysm ชนิดนี้¹⁴) การพิจารณาเลือกข้างที่จะผ่าตัดมีส่วนสำคัญที่จะทำให้สามารถใส่คลิปได้อย่างเหมาะสม ในปี 2009 Chen และคณะได้เสนอแนวทางการพิจารณาเลือกข้างในการผ่าตัด anterior communicating artery aneurysm ผ่าน pterional transsylvian approach โดยในกรณีที่ aneurysm dome ชี้ไปด้านข้าง (lateral) ขึ้นบน (superior) หรือด้านหน้า (anterior) แนะนำให้ผ่าตัดข้างที่ ipsilateral A2 อยู่หลังกว่า contralateral A2 (side of open A2 fork) กรณีที่ aneurysm dome ชี้ไปด้านหลัง (posterior) แนะนำให้ผ่าตัดข้างที่ ipsilateral A2 อยู่หน้ากว่า contralateral A2 (side of closed A2 fork)



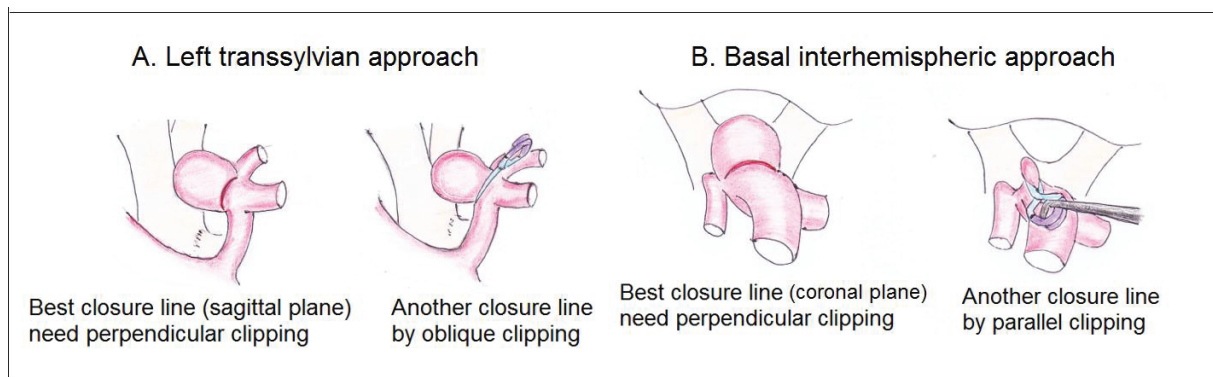
รูปที่ 16 การใส่คลิปเพื่อหนีบ middle cerebral artery (MCA) aneurysm โดยผ่านทาง transsylvian approach ในแนว axial, coronal และ sagittal plane (ดัดแปลงจาก Nakayama N¹⁴)

เนื่องจากสามารถเห็น A2 ได้ทั้งสองข้าง (รูปที่ 18) และกรณี aneurysm dome ชี้อยู่ล่าง (inferior) แนะนำให้ผ่าตัดข้างที่ dominant A1 เนื่องจากการ retract frontal lobe อาจทำให้เกิด premature rupture¹⁷

ด้วยเทคโนโลยีทางรังสีวิทยาที่พัฒนาไปอย่างมากในปัจจุบัน เช่น 3D-CT angiography (3D-CTA) หรือ 3D-digital subtraction angiography (3D-DSA) ทำให้สามารถเห็นรูปร่างลักษณะของ aneurysm ได้อย่างชัดเจนก่อนการผ่าตัด ร่วมกับการนำ concept of ideal closure line มาใช้เป็นแนวทางในการวางแผนก่อนทำผ่าตัด ช่วยให้ทราบก่อนการผ่าตัดว่า ideal closure line และ clo-

sure plane อยู่ในแนวใด application angle อยู่ในมุมใด ทำให้สามารถเลือก surgical approach และชนิดของคลิปที่เหมาะสมกับ aneurysm นั้นๆได้ ช่วยให้การผ่าตัดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

เทคนิคในการหนีบหลอดเลือดสมองโป่งพองในบางกรณี ในกรณีที่ aneurysm wall หรือหลอดเลือดโดยรอบมีบางส่วนส่วนที่มี atherosclerotic change การใส่คลิปควรหลีกเลี่ยงการหนีบบริเวณดังกล่าวเพื่อป้องกันภาวะสมองขาดเลือดอันเกิดจากลิ่มเลือดหลุดลอย (emboli) และการอุดตันของ parent artery หรือแขนงหลอดเลือด (efferent artery)^{1,18} (รูปที่ 19)

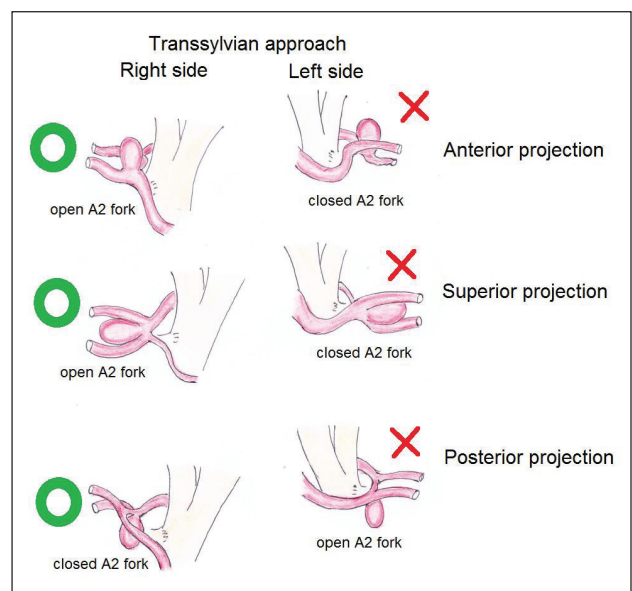


รูปที่ 17 Left transsylvian approach เพื่อคลิปล anterior communicating artery aneurysm ซึ่งมี ideal closure line อยู่ในแนว sagittal plane ซึ่งไม่สามารถใส่คลิปลใน plane นี้ได้โดยใช้ approach นี้ จึงใส่คลิปลใน plane ที่ใกล้เคียงกับ ideal closure line มากที่สุด (oblique clipping) (รูป A) การคลิปล anterior communicating artery aneurysm ที่มี ideal closure line ในแนว coronal plane โดยผ่านทาง basal interhemispheric approach ซึ่งไม่สามารถใส่คลิปลใน plane นี้ได้โดยใช้ approach นี้ จึงใส่คลิปลใน plane ที่ใกล้เคียงกับ ideal closure line มากที่สุด (parallel clipping) (รูป B) (ดัดแปลงจาก Nakayama N¹⁴)

จากการศึกษาการไหลเวียนเลือดในตัวหลอดเลือดสมองโป่งพอง (hemodynamics of aneurysm) พบว่า จุดที่เลือดไหลเวียนเข้าไปใน aneurysm (inflow zone) นั้นคือ distal neck of aneurysm ซึ่งเป็นส่วนที่ได้รับ hemodynamic stress มากที่สุด จึงเป็นบริเวณที่ aneurysm จะมีการขยายขนาดขึ้นได้อีก (aneurysm enlargement zone) ส่วนจุดที่เลือดไหลเวียนออกจาก aneurysm (outflow zone) คือ proximal neck ได้รับ hemodynamic stress ไม่มาก ส่วนบริเวณตรงกลางของ aneurysm dome เป็นบริเวณที่มีการไหลของเลือดต่ำ¹⁹⁻²¹ (รูปที่ 20)

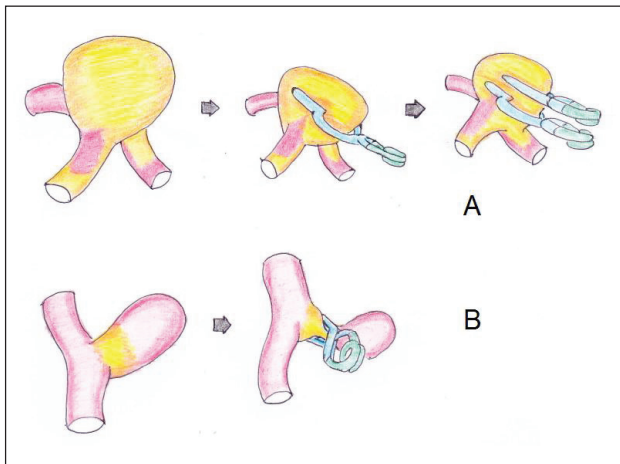
Aneurysm ชนิดที่อยู่ระหว่างแขนงหลอดเลือดสองแขนง (bifurcation aneurysm) พบว่า ถ้าแขนงหลอดเลือดทั้งสองทำมุมไม่เท่ากัน (asymmetrical outflow) inflow zone จะอยู่บริเวณ distal neck และเป็นบริเวณที่มี hemodynamic stress มากที่สุด ถ้าแขนงหลอดเลือดทั้งสองทำมุมเท่ากัน (symmetrical outflow) inflow zone มีทิศทางผ่าน aneurysm neck ไปที่ dome โดยตรง hemodynamic stress บริเวณนี้จะมากหรือน้อยขึ้นกับลักษณะของการไหลในตัว aneurysm แต่บริเวณที่มี hemodynamic stress มากคือ aneurysm neck ทั้งสองด้าน (รูปที่ 21)¹⁹

ในกรณีที่อยู่ตรงส่วนพื้นที่ของ aneurysm dome ต่อ

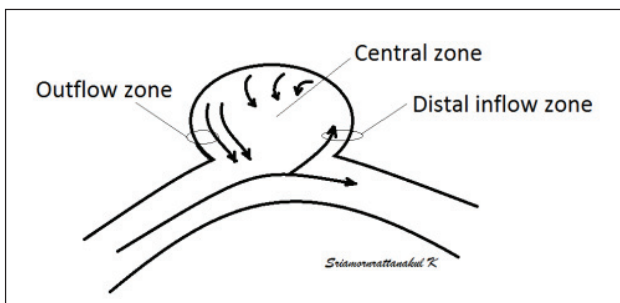


รูปที่ 18 การผ่าตัดเพื่อหนีบ anterior communicating artery aneurysm โดยผ่านทาง Transsylvian approach ทางด้านขวาหรือซ้าย ใน aneurysm ที่มี projection ต่างๆ (ดัดแปลงจาก Chen L et al.¹⁷)

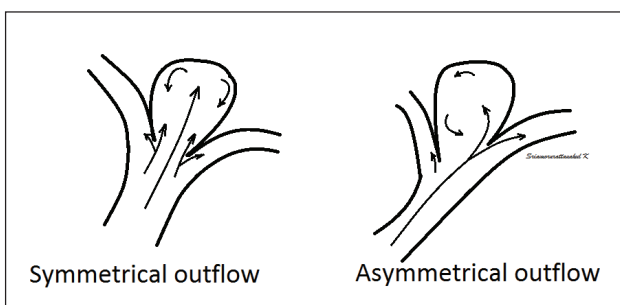
พื้นที่ของ aneurysm neck มีค่ามากจะเกิดการไหลเวียนเลือดที่ช้า (stagnant flow) ภายในตัว aneurysm ทำให้ aneurysm นั้นมีโอกาสเกิดลิ่มเลือดภายใน (thrombotic aneurysm) ได้มาก โดยส่วนที่มีการไหลเวียนเลือดภายในตัว thrombotic aneurysm นั้นมักจะเป็น inflow zone²¹ (รูปที่ 22)



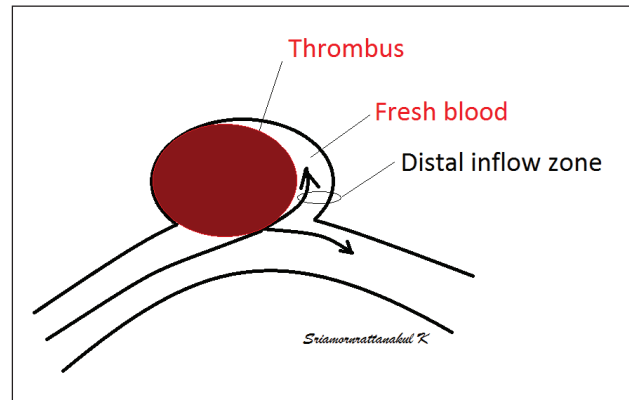
รูปที่ 19 การหนีบ atherosclerotic aneurysm ที่มีลักษณะต่าง ๆ (รูป A, B) ควรหลีกเลี่ยงการหนีบบริเวณที่มี atherosclerotic change (สีเหลือง) (ดัดแปลงจาก Sakarunchai I et al.¹⁸)



รูปที่ 20 Hemodynamics ภายใน aneurysm โดย inflow zone อยู่บริเวณ distal neck (ดัดแปลงจาก Bederson JB²¹)



รูปที่ 21 Hemodynamics ของ bifurcation aneurysm ถ้าเป็นชนิด asymmetrical outflow inflow zone บริเวณที่มี stress มากที่สุด จะอยู่ที่ distal neck ถ้าเป็นชนิด symmetrical outflow บริเวณที่มี stress มากที่สุด จะอยู่ที่ aneurysm neck ทั้งสองด้าน (ดัดแปลงจาก Bederson JB²¹)

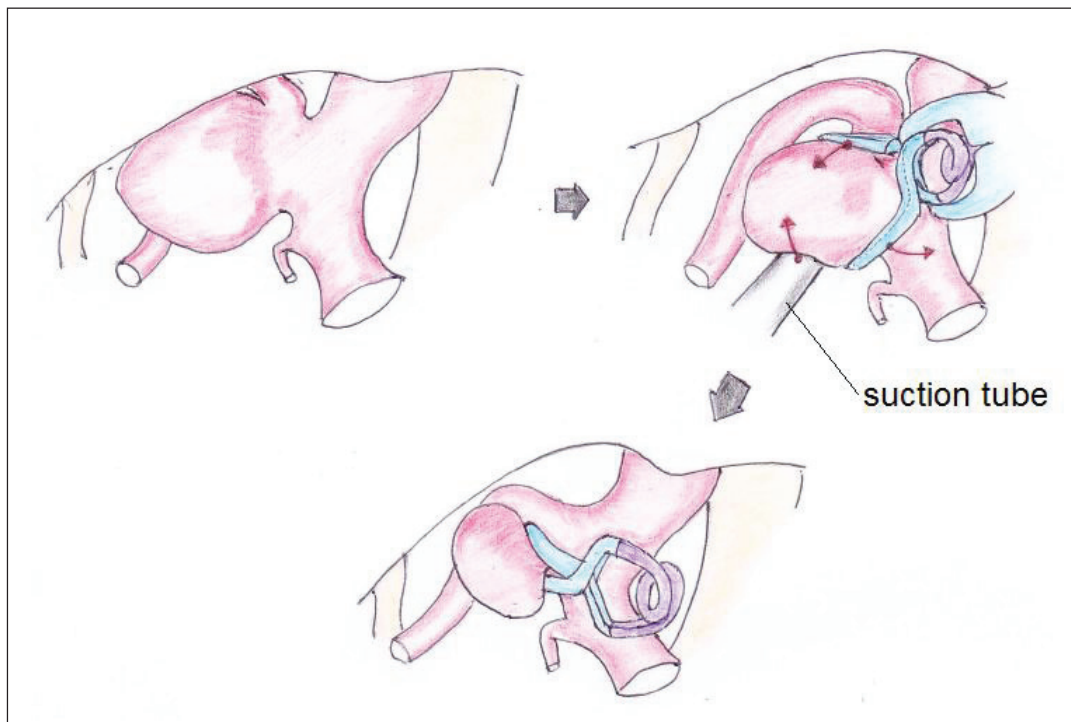


รูปที่ 22 การเกิด thrombotic aneurysm ส่วนที่มีการไหลเวียนเลือดจะอยู่ที่บริเวณ distal neck (ดัดแปลงจาก Bederson JB²¹)

จากความรู้เรื่อง hemodynamics ทำให้ทราบว่า ส่วน distal neck ของ aneurysm เป็นบริเวณที่ต้องให้ความสำคัญเป็นพิเศษที่จะต้องหนีบให้หมดด้วยคลิป เพราะเป็นบริเวณที่ aneurysm มีการขยายขนาด²¹ โดยส่วน proximal neck ซึ่งมักมีแขนงของหลอดเลือดอยู่ ในบางกรณีที่ไม่สามารถหนีบส่วนนี้ได้หมดเพราะจะทำให้แขนงหลอดเลือดนั้นอุดตัน การหนีบ proximal neck ไว้เพียงเล็กน้อยก็เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้สามารถรักษาแขนงหลอดเลือดไว้ โดยโอกาสที่ aneurysm จะขยายขนาดจากบริเวณนั้นนั้นไม่มากนัก วิธีการคือ การบิดคลิป (rotation) ให้ clip blade ด้าน distal neck กดลงบน distal neck ให้ชิดมากที่สุด อาจใช้ suction tube ช่วยดัน aneurysm dome เพื่อให้เกิดแรงกระทำในแนวตรงข้าม (รูปที่ 23)¹⁵

สรุป

การใช้คลิปหนีบหลอดเลือดสมองโป่งพองให้หมดในการผ่าตัดเพียงครั้งเดียวเป็นสิ่งที่ดีที่สุด การที่จะทำเช่นนั้นได้ต้องมีความเข้าใจถึงลักษณะรูปทรงของหลอดเลือดที่โป่งพอง วิธีการใส่คลิปที่เหมาะสมในแต่ละแบบ และการไหลเวียนเลือดในตัวหลอดเลือดสมองโป่งพอง Ideal closure line เป็นแนวคิดที่เป็นรูปธรรมชัดเจนสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการวางแผนก่อนผ่าตัด ใช้เลือก surgical approach และชนิดของคลิปที่เหมาะสม ทำให้



รูปที่ 23 การบิดคลิป (clip rotation) ให้ clip blade ด้าน distal neck กดลงบน distal neck ให้ชิดมากที่สุด โดยใช้ suction tube ช่วยดัน aneurysm dome เพื่อให้เกิดแรงกระทำในแนวตรงข้าม (ดัดแปลงจาก Kamiyama H et al.¹⁵)

สามารถหนีบหลอดเลือดสมองโป่งพองได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- Ishikawa T, Nakayama N, Moroi J, Kobayashi N, Kawai H, Muto T, Yasui N. Concept of ideal closure line for clipping of middle cerebral artery aneurysms—technical note. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2009 Jun;49(6): 273–7; discussion 277–8.
- Yasargil MG. Aneurysm clipping. 3 General operative techniques. In: Yasargil MG. *Microneurosurgery I*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verage, 1989: p. 245–264.
- Kamitani H, Masuzawa H, Kanazawa I, Kubo T. Bleeding risk in unruptured and residual cerebral aneurysms—angiographic annual growth rate in nineteen patients. *Acta Neurochir (Wien)* 1999;141(2): 153–9.
- Sindou M, Acevedo JC, Turjman F. Aneurysmal remnants after microsurgical clipping: classification and results from a prospective angiographic study (in a consecutive series of 305 operated intracranial aneurysms). *Acta Neurochir (Wien)* 1998;140(11): 1153–9.
- Jabbarli R, Pierscianek D, Wrede K, Dammann P, Schlamann M, Forsting M, et al. Aneurysm remnant after clipping: the risks and consequences. *J Neurosurg*. 2016 Feb 12:1–7. [Epub ahead of print]
- Lin T, Fox AJ, Drake CG. Regrowth of aneurysm sacs from residual neck following aneurysm clipping. *J Neurosurg* 1989 Apr;70(4):556–60.
- David CA, Vishteh AG, Spetzler RF, Lemole M, Lawton MT, Partovi S. Late angiographic follow-up review of surgically treated aneurysms. *J Neurosurg* 1999 Sep;91(3):396–401.
- Rabinstein AA, Nichols DA. Endovascular coil embolization of cerebral aneurysm remnants after incomplete surgical obliteration. *Stroke* 2002 Jul;33(7):1809–15.
- Dashti R, Hernesniemi J, Niemelä M, Rinne J, Porras M, Lehecka M, et al. Microneurosurgical manage-

- ment of middle cerebral artery bifurcation aneurysms. *Surg Neurol* 2007 May;67(5):441-56.
10. Hernesniemi J, Dashti R, Lehecka M, Niemelä M, Rinne J, Lehto H, et al. Microneurosurgical management of anterior communicating artery aneurysms. *Surg Neurol* 2008 Jul;70(1):8-28; discussion 29.
 11. Lehecka M, Dashti R, Laakso A, van Popta JS, Romani R, Navratil O, et al. Microneurosurgical management of anterior choroid artery aneurysms. *World Neurosurg* 2010 May;73(5):486-99.
 12. Lehecka M, Dashti R, Romani R, Celik O, Navratil O, Kivipelto L, et al. Microneurosurgical management of internal carotid artery bifurcation aneurysms. *Surg Neurol* 2009 Jun;71(6):649-67.
 13. Ishikawa T. Clipping techniques for cerebral aneurysms. Special considerations for closure line and application angle. *No shinkei Geka Sokuho* 2007;17:804-814. [jpn]
 14. Nakayama N. How to take closer line in the anterior communicating artery aneurysm clipping - closure plane concept and approach selection. *No shinkei Geka Sokuho* 2009;19(9):998-1010. [jpn]
 15. Kamiyama H, Houkin K. Microsurgery of cerebral aneurysms. Tokyo: Nankodo; 2010. [jpn]
 16. Ota N, Tanikawa R, Noda K, Tsuboi T, Kamiyama H, Tokuda S. The efficiency of the new Yasargil titanium fenestrated mini-clips for ideal clipping of a cerebral aneurysm. *Surg Neurol Int* 2015; 6(Suppl 21):S553-S559.
 17. Chen L, Agrawal A, Kato Y, Karagiozov KL, Kumar MV, Sano H, et al. Role of aneurysm projection in "A2" fork orientation for determining the side of surgical approach. *Acta Neurochir (Wien)* 2009 Aug; 151(8):925-33; discussion 933.
 18. Sakarunchai I, Kato Y, Yamada Y, Inamasu J. Ischemic Event and Risk Factors of Embolic Stroke in Atherosclerotic Cerebral Aneurysm Patients Treated with a New Clipping Technique. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2015 Nov;24(11):2497-507.
 19. Munarriz PM, Gómez PA, Paredes I, Castaño-Leon AM, Cepeda S, Lagares A. Basic principle of hemodynamics and cerebral aneurysms. *World Neurosurg.* 2016 Apr;88:311-9.
 20. Wakhloo AK, Lieber BB, Sandhu JS, Gounis MJ. Flow dynamics in aneurysm. In: Le Roux PD, Winn RH, Newell DW, editors. *Management of Cerebral Aneurysms*. Philadelphia: Saunders; 2004. p. 99-120.
 21. Bederson JB. Hemodynamics and pathophysiology of giant intracranial aneurysms. In: Awad IA, Barrow DL, editors. *Giant intracranial aneurysms*. Illinois: Park Ridge; 1995. p. 13-22.