

รายงานผู้ป่วยและบทความปริทัศน์
(Case report and Review article)**“Bonnet” bypass to M2 segment of middle cerebral artery with radial artery interposition graft:
A case report**นางแสง อัครธรรมโชติ, พ.บ. ว.ว. ประสาทศัลยศาสตร์
กิตติพร ศรีอมรรัตนกุล, พ.บ. ว.ว. ประสาทศัลยศาสตร์หน่วยประสาทศัลยศาสตร์ ภาควิชาศัลยศาสตร์
คณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช**บทคัดย่อ**

นิพนธ์ฉบับนี้รายงานการรักษาผู้ป่วย symptomatic common carotid occlusion ด้วย Bonnet bypass โดยใช้ radial artery เป็น interposition graft ทำให้ contralateral superficial temporal artery มีความยาวมากขึ้นจนเพียงพอที่จะต่อกับ middle cerebral artery ได้ ร่วมกับ indirect bypass และทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผ่าตัดเทคนิคนี้

Abstract

This article reports a patient with symptomatic common carotid occlusion who is treated with Bonnet bypass (using radial artery interposition graft for elongating the contralateral superficial temporal artery) and indirect bypass. The literature related to this technique was reviewed.

Introduction

“Bonnet bypass” ได้ถูกรายงานเป็นครั้งแรกโดย Spetzler และคณะในปี 1980 ใช้ในการรักษาผู้ป่วย squamous cell carcinoma ที่ลิ้นซึ่งจำเป็นต้องตัด common carotid artery (CCA) ข้างหนึ่ง¹ นอกจากนี้ Bonnet bypass ยังถูกใช้ในการรักษาภาวะ steno-occlusive disease ในรายที่ไม่มี ipsilateral superficial temporal artery (STA) อีกด้วย²⁻⁴ ในรายงานผู้ป่วยฉบับนี้รายงานผู้ป่วยจำนวน

หนึ่งรายที่มีภาวะ common carotid artery occlusion ซึ่งมาด้วยอาการ low-flow stroke และทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผ่าตัดเทคนิคนี้

Case report

ผู้ป่วยชายอายุ 63 ปี มีอาการแขนขาซ้ายอ่อนแรงทันทีทันใดเมื่อ 3 เดือนก่อน อาการอ่อนแรงค่อยๆ ดีขึ้นเรื่อยๆ ตรวจร่างกายพบ normal consciousness, left

hemiparesis (แขน grade II, ขา grade III) ทำ brain magnetic resonance imaging (MRI) และ magnetic resonance angiography (MRA) พบ multiple small hyperintensity and restricted diffusion area บริเวณ right frontoparietal subcortical region และ right common carotid artery (CCA) occlusion (รูปที่ 1) โรคประจำตัวมี polycythemia vera, hypertension และ dyslipidemia อาการอ่อนแรงค่อยๆดีขึ้นเรื่อยๆจนสามารถเดินเองได้ ก่อนผ่าตัดตรวจร่างกายพบ normal consciousness, left hemiparesis grade IV – IV+

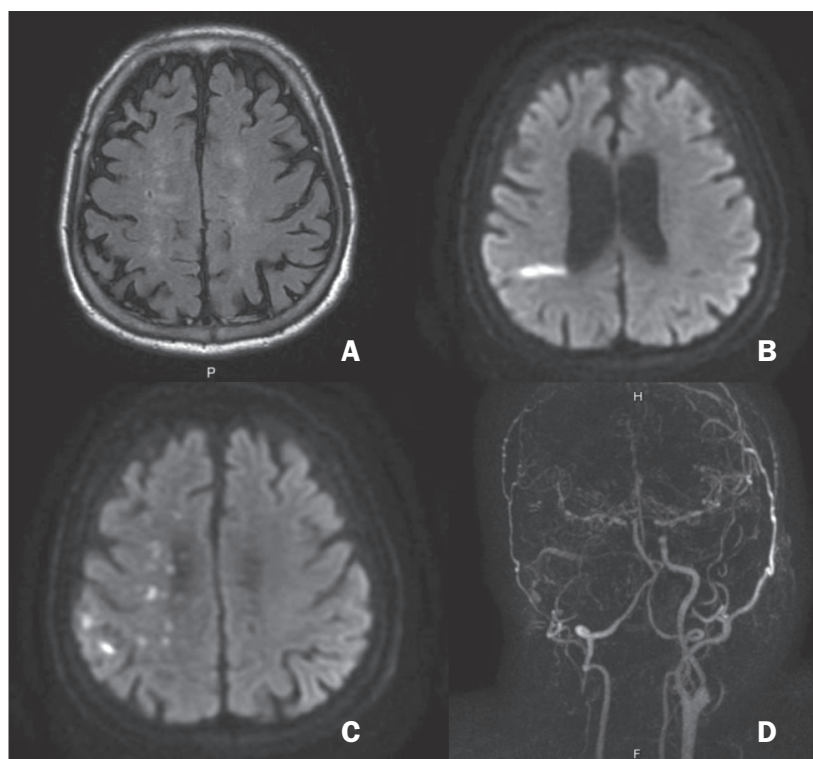
Brain computed tomography angiography (CTA) พบ right CCA occlusion โดย right middle cerebral artery (MCA) ได้รับ blood supply มาจาก left internal carotid artery (ICA) ผ่านทาง anterior communicating artery (AcoA), ไม่พบ stenosis of right MCA, ไม่พบ right external carotid artery (ECA), right superficial tempo-

ral artery (STA) และ right occipital artery (OA), frontal branch of left STA มีขนาดใหญ่และยาว, ส่วน parietal branch มีขนาดเล็ก (รูปที่ 2)

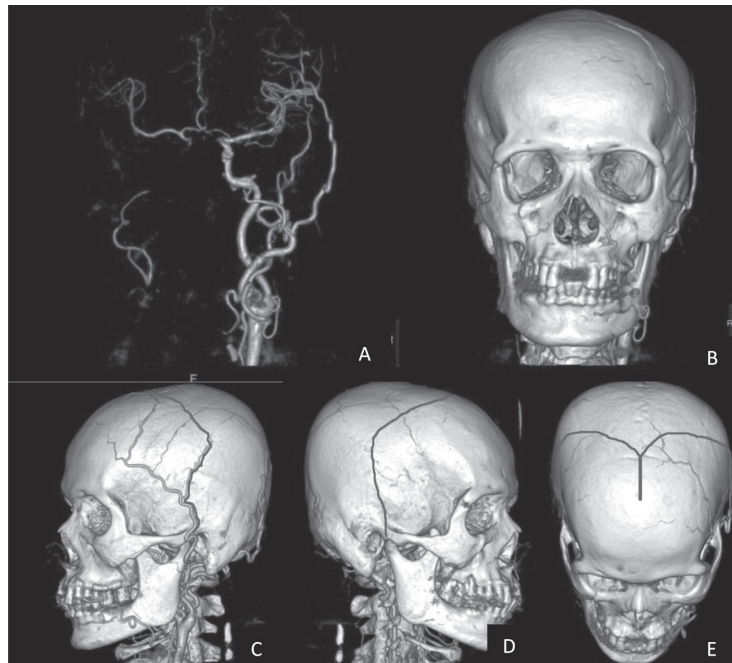
CT perfusion พบ prolong mean transit time (MTT) (> 8 sec), MTT ratio > 2 and decreased cerebral blood flow (CBF) ($< 80\%$) ที่บริเวณ right frontoparietal subcortical area แสดงถึงภาวะ decreased cerebrovascular reserve ในระยะ hemodynamic failure stage II โดยอ้างอิงตาม Japanese EC-IC Bypass Trial (JET) study⁵⁻⁸ (รูปที่ 3)

ประเมิน hand circulation ด้วยการทำ Allen test⁹ ข้างขวาได้ 5 วินาที และข้างซ้ายได้ 2 วินาที

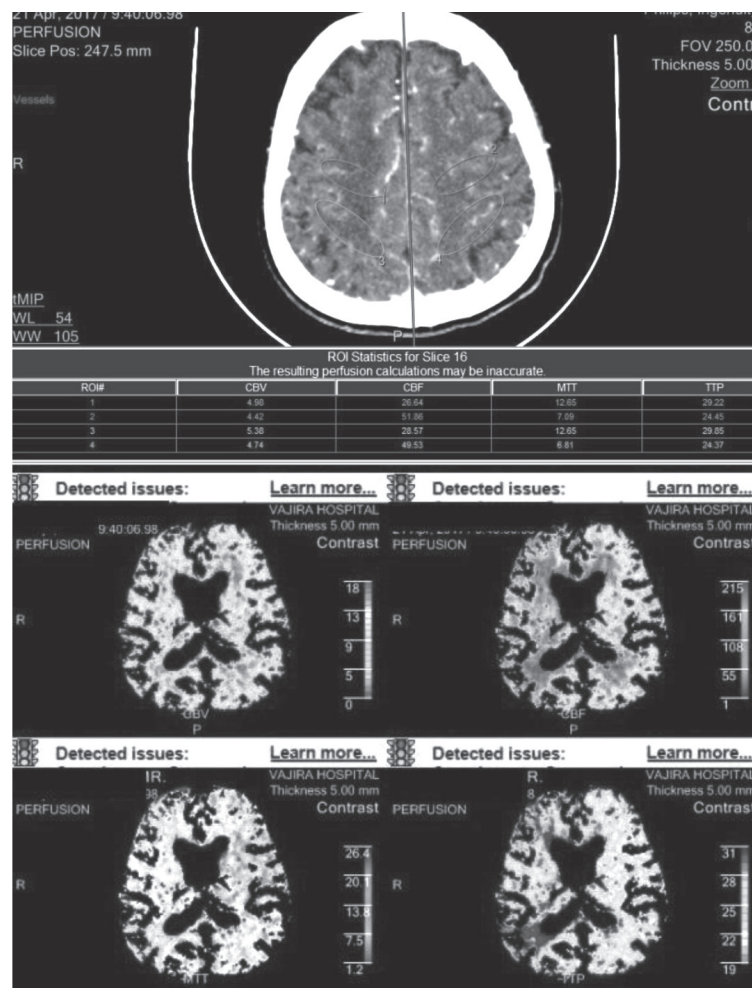
Operative procedure: ตมยาสลบแบบ general anesthesia จัดทำผู้ป่วยในท่านอนหงาย หน้าตรง ใส่ Mayfield head clamp (รูปที่ 4) ใช้ Doppler หาดำแหน่งของ frontal และ parietal branch of left STA แขนซ้ายกางออก



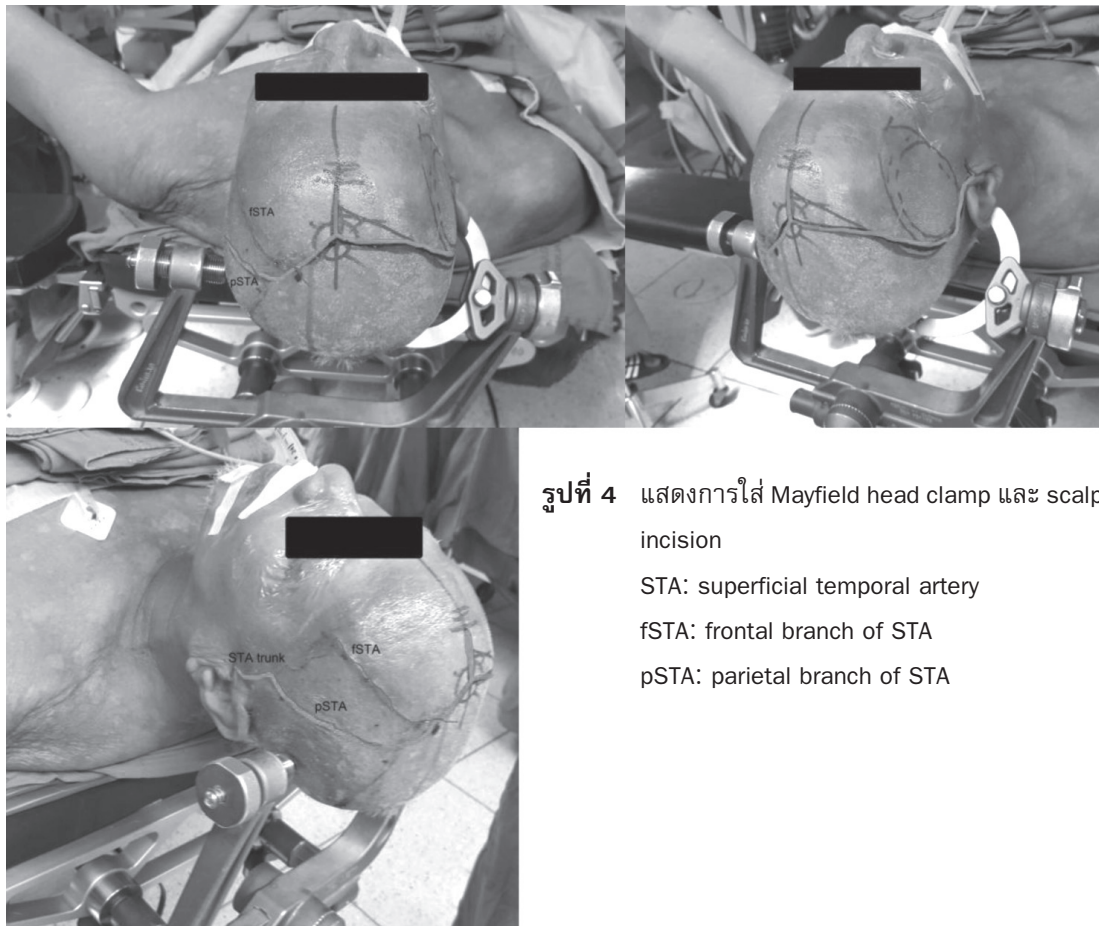
รูปที่ 1 A แสดง FLAIR sequence มี hyperintense lesion บริเวณ centrum semiovale. B และ C แสดง DWI มี restrict diffusion บริเวณ posterior และ deep watershed area ด้านขวา. D แสดงภาพ MRA ไม่พบ common, external และ internal carotid artery ข้างขวา



รูปที่ 2 A แสดง 3D CTA ไม่พบ common, external และ internal carotid artery ข้างขวา cross flow ผ่านมาทาง anterior communicating artery. B C D E แสดง superficial temporal artery และแนว scalp incision (เส้นสีน้ำเงิน)



รูปที่ 3 แสดง CT perfusion พบว่ามีมีการลดลงของ CBF และ prolonged MTT ด้านขวา



รูปที่ 4 แสดงการใส่ Mayfield head clamp และ scalp incision

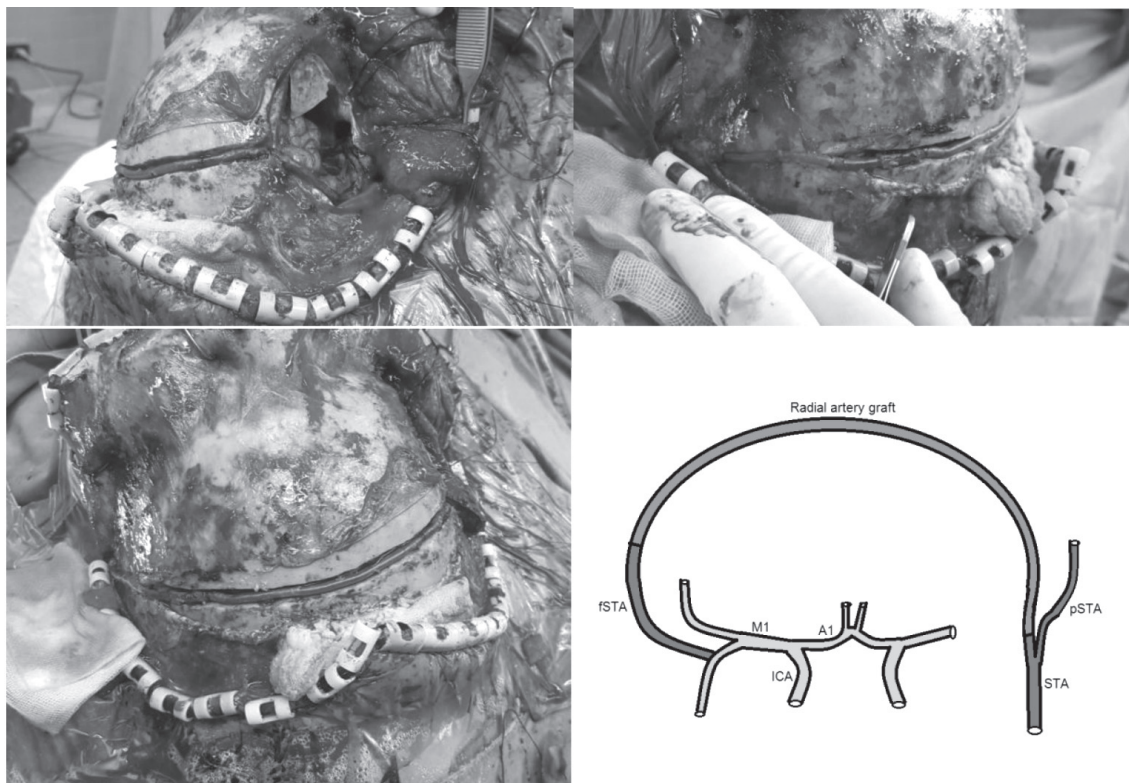
STA: superficial temporal artery

fSTA: frontal branch of STA

pSTA: parietal branch of STA

เพื่อเลาะ radial artery graft (RAG) หลังจากเลาะ RAG แล้ว ใช้ pressure distension technique¹⁰ เพื่อป้องกัน vasospasm ของ graft ด้วย heparinized saline ปรับเตียงเอียงไปด้านขวาประมาณ 30 องศา ลง scalp incision แบบ bilateral frontotemporal incision ตามรูป (รูปที่ 2, 4) โดยเริ่มที่ด้านซ้ายก่อน ลงมีดตามแนว parietal branch of left STA โค้งไปด้าน frontal ไปตัดกับ distal portion of frontal branch of left STA เลาะ left STA ทั้ง frontal และ parietal branch จาก distal part ไป proximal part จนถึง STA trunk รักษา patency ของ parietal branch ไว้ เมื่อทำการเลาะเสร็จพบว่า parietal branch of STA มีขนาดเล็กมาก จึงใช้ frontal branch เพื่อเป็น graft เพียงเส้นเดียว ตัด frontal branch of STA ขีดกับ bifurcation จะได้ frontal branch of STA ยาวประมาณ 10 ซม. ใช้ pressure distension technique เช่นกัน นำ RAG มาต่อกับปลาย STA ส่วนที่ติดอยู่กับหนังศีรษะด้วย end-to-end

anastomosis โดยใช้ nylon 9-0 แบบ interrupt suture จากนั้นนำ frontal branch of STA ที่เตรียมไว้มาต่อกับ distal end of RAG ด้วย end-to-end anastomosis เช่นกัน ปรับเตียงเอียงไปด้านซ้ายประมาณ 30 องศา เปิด scalp incision ด้านขวา เปิด right frontotemporal craniotomy กรอ outer cortex ของกะโหลกศีรษะให้เป็นร่องวาง graft ในแนว coronal เข้าสู่ craniotomy ที่เตรียมไว้ เปิด Sylvian fissure หา inferior trunk of M2 ทำการต่อ distal end of STA กับ inferior trunk of M2 ด้วย end-to-side anastomosis (รูปที่ 5) หลังจากทำการต่อเส้นเลือดเรียบร้อยแล้ว ทำการยืนยัน patency ของเส้นเลือดด้วย microdoppler และ indocyanine green เย็บ pericranium ปิดบนร่องที่วาง graft เย็บปิด dura ไม่ให้รั่ว graft นำ muscle patch ห่อรอบ graft บริเวณที่ผ่านขอบ dura ทำ indirect bypass ด้วยเทคนิค Encephalo-duro-arterio-myoanastomosis (EDAMS)^{11,12} โดยสอด dura เข้าด้านในกะโหลกศีรษะ



รูปที่ 5 แสดง intraoperative finding หลังเสร็จสิ้นการต่อเส้นเลือด และภาพวาดแสดงการต่อเส้นเลือด

A1: first segment of anterior communicating artery, ICA: internal carotid artery, M1: first segment of middle cerebral artery, STA: superficial temporal artery, fSTA: frontal branch of STA, pSTA: parietal branch of STA

นำ temporalis muscle ปิดแทน dura โดยเย็บขอบของ muscle กับขอบ dura ที่อยู่ด้านนอก ปิดกะโหลกศีรษะ ให้เหลือช่องบริเวณที่ bypass graft วิ่งเข้ากะโหลก นำ bone dust ปั้นเป็นก้อนวางไว้ตรงบริเวณ pterion เย็บ temporalis fascia กับรูที่เจาะไว้บนกะโหลก และเย็บ scalp ตามปกติ

หลังผ่าตัด ผู้ป่วยตื่นรู้สึกตัวดี motor power เท่าเดิมกับก่อนผ่าตัด ทำ CTA ไม่มีเลือดออกในกะโหลกศีรษะ และเห็น bypass graft ที่ทำไว้จาก left STA เข้าสู่ right MCA ชัดเจน (รูปที่ 6) ทำการควบคุม systolic blood pressure < 140 mmHg เป็นเวลา 7 วัน และเริ่มให้ Aspirin 81 mg/day หลังผ่าตัดวันที่ 3 พบว่าขอบแผลผ่าตัดฝั่ง scalp flap มีสีคล้ำเล็กน้อย จึงตัดไหมหลังผ่าตัด 14 วัน หลังตัดไหมพบว่าแผลดี ไม่แยก ไม่มีภาวะแทรกซ้อนอื่นๆ จึงให้กลับบ้าน

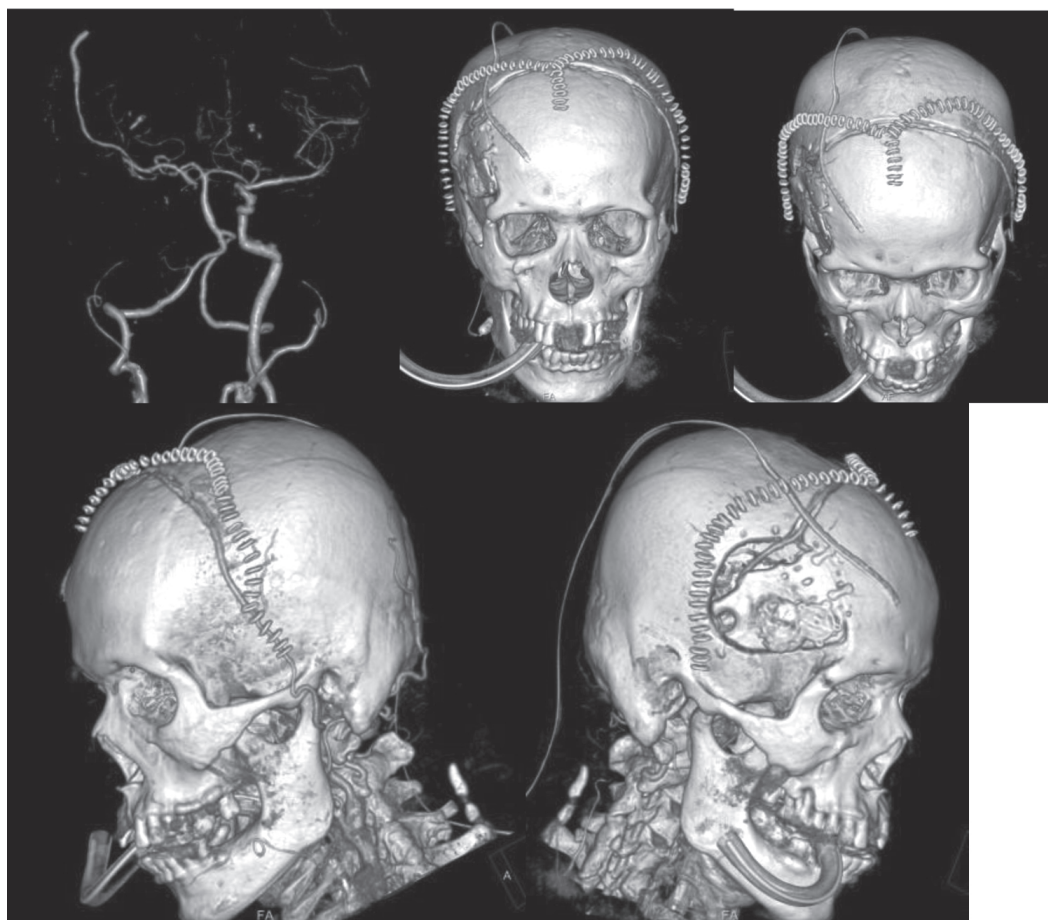
หลังผ่าตัด 4 เดือนก่อนถึงนัดทำ CT perfusion หลังการผ่าตัด ผู้ป่วยสะดุ้งล้มที่บ้าน ศีรษะกระแทกพื้น

ไม่หมดสติ ญาติไม่ได้พาผู้ป่วยไปพบแพทย์ หลังจากนั้นผู้ป่วยมีอาการเดินแย่งลงที่เล็กน้อย แขนขาข้างซ้ายดูเกร็งและอ่อนแรงลง

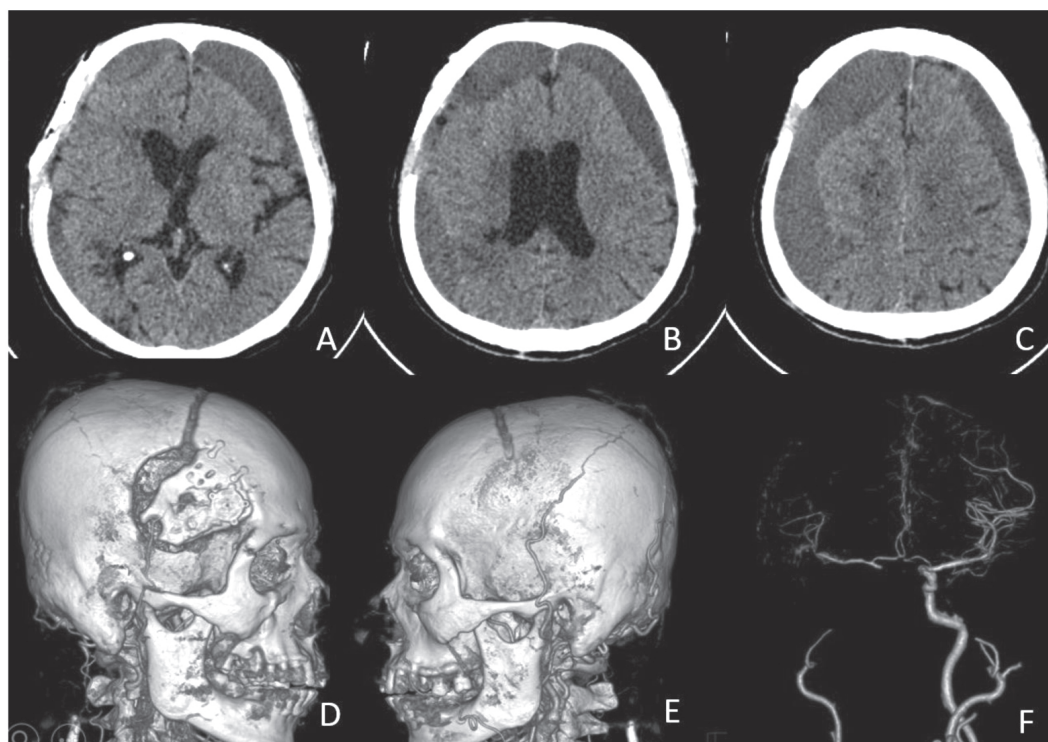
ทำ CTA และ CT perfusion หลังผ่าตัดประมาณ 4 เดือน (รูปที่ 7 และ 8) พบว่ามี chronic subdural hematoma ทั้งสองข้าง ข้างขวาหนาประมาณ 1.5 ซม. ข้างซ้ายหนาประมาณ 1 ซม. และไม่พบ bypass graft CT perfusion ยังมีภาวะ hypoperfusion ด้านขวาอยู่ ผู้ป่วยได้รับการผ่าตัด bilateral burr holes with irrigation หลังผ่าตัดอาการอ่อนแรงซีกซ้ายดีขึ้นเล็กน้อย motor power ประมาณ grade 4 ได้รับการทำกายภาพบำบัดต่อเนื่อง

Discussion and Review literatures

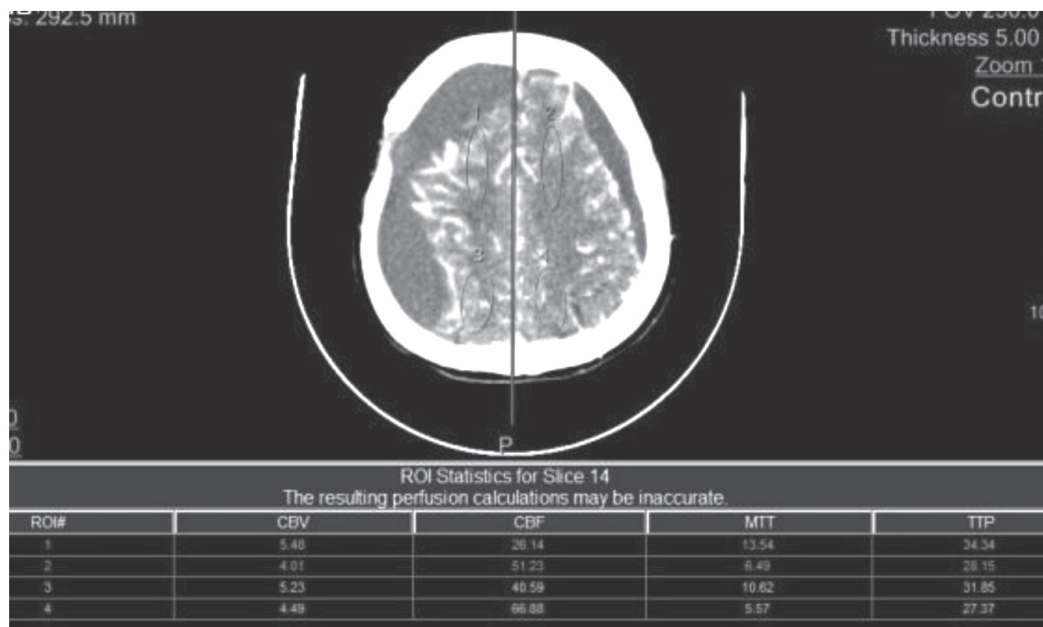
“Bonnet bypass” ได้ถูกรายงานเป็นครั้งแรกโดย Spetzler และคณะในปี 1980 ใช้ในการรักษาผู้ป่วย squamous cell carcinoma ที่ลิ้นซึ่งจำเป็นต้องตัด common



รูปที่ 6 แสดง postoperative 3D-CTA และแนว scalp incision (แนว staples)



รูปที่ 7 แสดง 3D-CTA หลังการผ่าตัด 4 เดือน A-C พบ bilateral chronic subdural hematoma. D-E ไม่พบ bypass graft จาก STA ด้านซ้ายในร่องกะโหลกศีรษะ F ไม่พบ bypass graft เชื่อมต่อกับ MCA ข้างขวา



รูปที่ 8 แสดง CT perfusion หลังการผ่าตัด 4 เดือน พบว่ายังมีการลดลงของ CBF และ prolonged MTT ด้านขวา

carotid artery ข้างหนึ่งโดย cross flow จากฝั่งตรงข้ามไม่เพียงพอและไม่มี artery ในข้างเดียวกันที่จะสามารถใช้เป็น donor artery ในการทำ extracranial to intracranial (EC-IC) bypass เพื่อเป็น flow replacement ได้ รายงานฉบับนี้เลือกใช้ saphenous vein graft ต่อจาก contralateral STA ไปยัง MCA หลังทำการ bypass เสร็จจึงทำ carotid ligation¹

ในปี 1993 Kinugasa และคณะรายงานการผ่าตัด bypass จาก contralateral ECA ไปยัง distal MCA โดยใช้ saphenous vein graft ในผู้ป่วย malignant schwannoma กีบบริเวณคอด้านขวา right ICA esophagus และ trachea¹³

ในปี 2005 Deshmukh และคณะได้รายงานผู้ป่วยจำนวนสองรายที่มี head and neck cancer ที่ลุกลามไปที่ฐานกะโหลกศีรษะโดยทำ Bonnet bypass ต่อจาก contralateral STA ไปยัง M4 segment โดยใช้ radial artery graft และ clip ligation of internal carotid artery ก่อนทำ radical resection of tumor¹⁴

นอกจากนี้ Bonnet bypass ยังถูกใช้ในการรักษาภาวะ steno-occlusive disease ในรายที่ไม่มี ipsilateral superficial temporal artery (STA) อีกด้วย^{2,3,4}

ในปี 2010 Sanada และคณะรายงานการผ่าตัด

double-barrel bonnet bypass เป็นครั้งแรก ในผู้ป่วย symptomatic common carotid occlusion โดยใช้ radial artery graft ต่อจาก contralateral STA trunk จากนั้นนำ frontal และ parietal branch of STA (ลักษณะเป็น “Y” shape) มาต่อกับ distal end of radial artery graft จากนั้นต่อ frontal branch of STA กับ M2 (frontal contribution) และต่อ parietal branch กับ M4 (temporal contribution)⁴

ในปี 2014 Otani และคณะและ ในปี 2016 Nagm และคณะรายงานการผ่าตัด reversed single STA-MCA bypass โดยใช้ naturally formed bonnet STA ในการรักษาผู้ป่วย symptomatic common carotid occlusion และผู้ป่วย severe ICA stenosis ตามลำดับ^{2,3}

การพิจารณาเลือก recipient artery นั้น Jack และคณะรายงานว่า การ bypass ไปยัง proximal MCA พบว่ามี immediate vascular filling ในขณะทำการ bypass ไปยัง cortical MCA จะค่อยๆเกิด intracranial vascular filling โดยใช้เวลาเป็นเดือน¹⁵ นอกจากนั้น proximal MCA มีขนาดใหญ่กว่า cortical MCA ทำให้สามารถทำ anastomosis ได้ง่ายกว่าแต่เนื่องจากการต่อกับ proximal MCA เป็น deep anastomosis ทำให้การต่อมีความยากกว่า

การต่อกับ cortical MCA ซึ่งเป็น superficial anastomosis⁴

ในรายงานผู้ป่วยรายนี้เลือกใช้ RAG ในการเพิ่มความยาวของ STA เนื่องจากมี long-term patency มากกว่า saphenous vein graft¹⁶ และใช้ RAG มาเป็น interposition graft ระหว่าง proximal STA กับ frontal branch of STA เนื่องจาก parietal branch of STA มีขนาดเล็กมากและสามารถทำให้ใช้ความยาวของ STA ได้อย่างเต็มที่เนื่องจากขนาดของ RAG ใกล้เคียงกับขนาดของ proximal STA และขนาดของ STA มีความเหมาะสมในการต่อกับ M2 segment of MCA ในกรณีที่ parietal branch of STA มีขนาดใหญ่พอก็สามารถนำ frontal และ parietal branch of STA (ลักษณะเป็น “Y” shape) มาต่อกับ distal end of radial artery graft ทำให้สามารถต่อกับ MCA ได้ 2 ตำแหน่ง (double-barrel bonnet bypass) คล้ายกับรายงานของ Sanada และคณะ⁴

การศึกษาเกี่ยวกับ indirect revascularization ในผู้ป่วย nonmoyamoya หรือ intracranial atherosclerotic steno-occlusive disease ในปี 2009 Komotar และคณะผ่าตัด indirect bypass ในผู้ป่วย 12 คนที่เป็น symptomatic ICA หรือ MCA atherosclerotic steno-occlusive disease และ secondary hemodynamic failure (11 คนได้รับการผ่าตัด encephaloduroarteriosynangiosis [EDAS] และ 1 คนได้รับการผ่าตัด bur holes with dural and arachnoid incisions) พบว่า indirect bypass ไม่มีผลต่อการเกิด pial collateral artery¹⁷ ในปี 2012 Dusick และคณะทำการผ่าตัด EDAS ในผู้ป่วย symptomatic nonmoyamoya intracranial arterial stenosis จำนวน 33 ราย พบว่า indirect revascularization สามารถเพิ่ม cerebral blood flow ไปยังสมองบริเวณที่ขาดเลือดได้¹⁸ ในปี 2015 Gonzalez และคณะทำการผ่าตัด EDAS ในผู้ป่วย symptomatic intracranial atherosclerotic steno-occlusive disease จำนวน 36 ราย และ symptomatic moyamoya disease จำนวน 46 ราย พบว่าสามารถเพิ่ม collateral circulation ในสมองบริเวณที่ขาดเลือดได้อย่างมีนัยสำคัญในผู้ป่วย

ทั้งสองกลุ่ม และมีอัตราการเกิด stroke น้อยกว่าการให้ medical treatment เพียงอย่างเดียว¹⁹

มีการศึกษาถึงประโยชน์ของการทำ combined revascularization (indirect bypass with direct bypass) ว่าสามารถลด postoperative stroke ได้ดีกว่า indirect bypass ในผู้ป่วยเด็กที่เป็น moyamoya disease²⁰ และในกลุ่มทั้งผู้ใหญ่และเด็กที่เป็น moyamoya disease²¹ ในปี 2017 Uchino และคณะรายงานการผ่าตัด combined (direct and indirect) revascularization ในผู้ป่วย moyamoya disease พบว่าการทำ indirect bypass เพิ่มเข้าไปในการผ่าตัด direct bypass สามารถทำให้เกิด revascularization ได้มากขึ้น โดยไม่เกี่ยวกับอายุและ hemodynamic status ของผู้ป่วย²² Houkin และคณะ และ Ishikawa และคณะ รายงานการผ่าตัดรักษาผู้ป่วย moyamoya disease ด้วยวิธี combined revascularization (STA-MCA bypass กับ indirect bypass แบบ encephalo-duro-arterio-myosynangiosis [EDAMS])^{11,12} แต่ยังไม่มีความชัดเจนในการรักษาผู้ป่วย nonmoyamoya หรือ intracranial atherosclerotic steno-occlusive disease และยังไม่มีความชัดเจนเปรียบเทียบระหว่างการทำ combined revascularization กับการผ่าตัด direct bypass อย่างเดียว

ภาวะ cerebral hyperperfusion syndrome หลังการผ่าตัด flow augmentation เกิดจาก failure of autoregulation ซึ่งเป็นผลมาจาก chronic cerebral insufficiency ปัจจัยเสี่ยง ได้แก่ hypertension, high grade stenosis, poor collateral flow, contralateral carotid stenosis, long-period of intraoperative ischemia มักเกิดในช่วง 3-8 วันหลังการผ่าตัด และเกิดมากที่สุดหลังผ่าตัดวันที่ 6 อาการและอาการแสดงคือ Unilateral headache, face and eye pain, seizure, alteration of consciousness, focal neurological deficit²³ การป้องกันคือ ควบคุมความดันโลหิต (SBP < 140 mmHg หรือ SBP 120-140 mmHg หรือ SBP < 130 mmHg) ทั้งก่อนผ่าตัด ระหว่างผ่าตัด และหลังผ่าตัดเป็นเวลา 7-10 วัน ควบคุมให้อยู่ในภาวะ normocarbica และ normovolemia ระหว่างการผ่าตัด²³⁻²⁵

Low และคณะ²⁶ ทำการศึกษาการผ่าตัด STA-MCA bypass ในผู้ป่วย symptomatic severe intracranial stenosis พบว่าสามารถทำให้ hemodynamic parameter ดีขึ้นหลังการผ่าตัดประมาณ 4 เดือน ในผู้ป่วยรายนี้ได้รับการทำ CTA และ CT perfusion ที่ 4 เดือนหลังการผ่าตัด พบว่า CBF ไม่เพิ่มขึ้นและ MTT ยัง prolong เนื่องจาก bypass graft thrombosis ซึ่งเป็นผลมาจาก chronic subdural hematoma

References

1. Spetzler RF, Roski RA, Rhodes RS, Modic MT. The "bonnet bypass". Case report. J Neurosurg 1980; 53:707-9.
2. Otani N, Wada K, Sakakibara F, Nagatani K, Takeuchi S, Tomura S, et al. "Reverse" bypass using a naturally formed "bonnet" superficial temporal artery in symptomatic common carotid artery occlusion: a case report. Neurol Med Chir (Tokyo) 2014;54(10): 851-3.
3. Nagm A, Horiuchi T, Hasegawa T, Hongo K. Intraoperative Evaluation of Reverse Bypass Using a Naturally Formed "Bonnet" Superficial Temporal Artery: Technical Note. World Neurosurg 2016 Apr;88:603-8.
4. Sanada Y, Kamiyama H, Iwaisako K, Yoshimine T, Kato A. "Bonnet" bypass to proximal trunk of middle cerebral artery with a radial artery interposition graft: technical note. Minim Invasive Neurosurg 2010;53(4):203-6.
5. Kawano T, Ohmori Y, Kaku Y, Muta D, Uekawa K, Nakagawa T, et al. Prolonged mean transit time detected by dynamic susceptibility contrast magnetic resonance imaging predicts cerebrovascular reserve impairment in patients with moyamoya disease. Cerebrovasc Dis 2016;42(1-2):131-8.
6. Kikuchi K, Murase K, Miki H, Yasuhara Y, Sugawara Y, Mochizuki T, et al. Quantitative evaluation of mean transit times obtained with dynamic susceptibility contrast-enhanced MR imaging and with (133)Xe SPECT in occlusive cerebrovascular disease. AJR Am J Roentgenol 2002;179(1):229-35.
7. JET Study Group. Japanese EC-IC Bypass Trial (JET study): Study Design and Interim Analysis. Surg Cereb Stroke 2002; 30: 97-100.
8. Kataoka H, Miyamoto S, Ogasawara K, Iihara K, Takahashi JC, Nakagawara J, et al. JET-2 Investigators. Results of Prospective Cohort Study on Symptomatic Cerebrovascular Occlusive Disease Showing Mild Hemodynamic Compromise [Japanese Extracranial-Intracranial Bypass Trial (JET)-2 Study]. Neurol Med Chir (Tokyo) 2015;55(6):460-8.
9. Kohonen M, Teerenhovi O, Terho T, Laurikka J, Tarkka M. Is the Allen test reliable enough? Eur J Cardiothorac Surg 2007;32(6):902-5.
10. Sekhar LN, Kalavakonda C: Cerebral revascularization for aneurysms and tumors. Neurosurgery 2002; 50(2):321-31.
11. Houkin K, Kamiyama H, Takahashi A, Kuroda S, Abe H. Combined revascularization surgery for childhood moyamoya disease: STA-MCA and encephalo-duro-arterio-myo-synangiosis. Childs Nerv Syst 1997; 13(1):24-9.
12. Ishikawa T, Kamiyama H, Kuroda S, Yasuda H, Nakayama N, Takizawa K. Simultaneous superficial temporal artery to middle cerebral or anterior cerebral artery bypass with pan-synangiosis for Moyamoya disease covering both anterior and middle cerebral artery territories. Neurol Med Chir (Tokyo) 2006; 46(9):462-8.
13. Kinugasa K, Sakurai M, Ohmoto T. Contralateral external carotid-to-middle cerebral artery graft using the saphenous vein. Case report. J Neurosurg 1993;78(2):290-3.
14. Deshmukh VR, Porter RW, Spetzler RF. Use of "bonnet" bypass with radial artery interposition graft in a patient with recurrent cranial base carcinoma: technical report of two cases and review of the literature. Neurosurgery 2005;56(1 Suppl):E202;

- discussion E202.
15. Jack CR Jr, Diaz FG, Boulos RS, Ausman JI, Mehta B, Patel S. Radiologic evaluation of extracranial to Sylvian middle cerebral artery bypass. *Surg Neurol* 1986; 26:321–9.
16. Matsukawa H, Tanikawa R, Kamiyama H, Tsuboi T, Noda K, Ota N, et al. Graft Occlusion and Graft Size Changes in Complex Internal Carotid Artery Aneurysm Treated by Extracranial to Intracranial Bypass Using High-Flow Grafts with Therapeutic Internal Carotid Artery Occlusion. *Neurosurgery* 2017 Mar 28. [Epub ahead of print]
17. Komotar RJ, Starke RM, Otten ML, Merkow MB, Garrett MC, Marshall RS, et al. The role of indirect extracranial-intracranial bypass in the treatment of symptomatic intracranial atheroocclusive disease. *J Neurosurg* 2009;110(5):896–904.
18. Dusick JR, Liebeskind DS, Saver JL, Martin NA, Gonzalez NR. Indirect revascularization for nonmoyamoya intracranial arterial stenoses: clinical and angiographic outcomes. *J Neurosurg* 2012;117(1): 94–102.
19. Gonzalez NR, Dusick JR, Connolly M, Bounni F, Martin NA, Van de Wiele B, et al. Encephaloduroarteriosynangiosis for adult intracranial arterial stenocclusive disease: long-term single-center experience with 107 operations. *J Neurosurg* 2015; 123(3):654–61.
20. Ishikawa T, Houkin K, Kamiyama H, Abe H. Effects of surgical revascularization on outcome of patients with pediatric moyamoya disease. *Stroke* 1997;28(6): 1170–3.
21. Kazumata K, Ito M, Tokairin K, Ito Y, Houkin K, Nakayama N, et al, Kamiyama H. The frequency of postoperative stroke in moyamoya disease following combined revascularization: a single-university series and systematic review. *J Neurosurg* 2014; 121(2):432–40.
22. Uchino H, Kim JH, Fujima N, Kazumata K, Ito M, Nakayama N, et al. Synergistic Interactions Between Direct and Indirect Bypasses in Combined Procedures: The Significance of Indirect Bypasses in Moyamoya Disease. *Neurosurgery* 2017;80(2):201–9.
23. Ogasawara K, Sakai N, Kuroiwa T, Hosoda K, Iihara K, Toyoda K, et al. Japanese Society for Treatment at Neck in Cerebrovascular Disease Study Group. Intracranial hemorrhage associated with cerebral hyperperfusion syndrome following carotid endarterectomy and carotid artery stenting: retrospective review of 4494 patients. *J Neurosurg* 2007;107(6): 1130–6.
24. Zhao WG, Luo Q, Jia JB, Yu JL. Cerebral hyperperfusion syndrome after revascularization surgery in patients with moyamoya disease. *Br J Neurosurg* 2013; 27(3):321–5.
25. Fujimura M, Inoue T, Shimizu H, Saito A, Mugikura S, Tominaga T. Efficacy of prophylactic blood pressure lowering according to a standardized postoperative management protocol to prevent symptomatic cerebral hyperperfusion after direct revascularization surgery for moyamoya disease. *Cerebrovasc Dis* 2012;33(5):436–45.
26. Low SW, Teo K, Lwin S, Yeo LL, Paliwal PR, Ahmad A, et al. Improvement in cerebral hemodynamic parameters and outcomes after superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass in patients with severe stenocclusive disease of the intracranial internal carotid or middle cerebral arteries. *J Neurosurg* 2015;123(3):662–9.