

<特集「脳卒中診療アップデート」>

## 脳卒中の外科治療アップデート

丸山 大輔\*, 南都 昌孝, 橋本 直哉

京都府立医科大学大学院医学研究科脳神経機能再生外科学 (脳神経外科)

### An Update of Current Surgical Treatment of Stroke

Daisuke Maruyama, Masataka Nanto and Naoya Hashimoto

*Department of Neurosurgery, Kyoto Prefectural University of Medicine  
Graduate School of Medical Science*

#### 抄 録

脳卒中の外科治療は、広義には直達手術、血管内治療、定位あるいは放射線外科治療に大別される。近年のエビデンスや技術、機器の進歩により、適切な治療選択、低侵襲化、複合化が進んでいる。本稿ではこれらのコンセプトについて、事例を挙げて概説する。出血型もやもや病に対する頭蓋外—頭蓋内バイパス術に関して、わが国で行われたランダム化比較試験により、再出血予防効果が初めて確認された。さらに出血の高危険群が同定され、新たな病態の解明からリスクが層別化された。脳出血に対する外科治療では、低侵襲外科手術の一つである血腫ドレナージ術により、良好に血腫を除去できれば機能予後を改善しうることが近年明らかになった。神経内視鏡を用いた血腫除去術ではより積極的かつ確実に血腫を除去しうするため、今後の期待が寄せられる。ハイブリッド外科治療は、直達手術と血管内治療の利点を生かし欠点を補うものであり、複雑な脳血管障害に対する今後の方向性の一つである。適切な治療選択、低侵襲化、複合化が進むことで、より高度で安全な外科治療の発展が期待される。

**キーワード**：直達手術、血管内治療、頭蓋外—頭蓋内バイパス術、神経内視鏡下血腫除去術、ハイブリッド外科手術。

#### Abstract

Surgical treatment for stroke currently consists of three approaches: direct surgery, endovascular treatment, and radiosurgery. Recent developments in surgical treatment have been driven by accumulating evidence, as well as advances in surgical manipulation and equipment. For instance, studies conducted in Japan have shown that extracranial-intracranial bypass surgery is effective for the prevention of re-bleeding in hemorrhagic Moyamoya disease. Furthermore, the development of choroidal anastomosis is known to be a major risk factor for hemorrhagic events in this disease. Minimal invasive surgery has emerged as a potential treatment for improving functional outcomes in instances of intracerebral hemorrhage. Neuroendoscopic hematoma evacuation, in particular, shows promise in this regard. Hybrid approaches maximize the advantages, while minimizing the

令和3年11月14日受付 令和3年11月24日受理

\*連絡先 丸山大輔 〒602-8566 京都市上京区河原町通広小路上ル梶井町465番地

dmaruyam@koto.kpu-m.ac.jp

doi:10.32206/jkpum.130.12.803

disadvantages, of both direct surgery and endovascular treatment. Hybrid surgical approaches are likely to play an important role in future treatment paradigms for complex cerebrovascular diseases of the head and neck. Owing to the advances in optimization, ongoing efforts to minimize invasiveness, and the development of hybrid, multimodal approaches, surgical treatment for stroke seems likely to become safer and more effective in the future.

**Key Words:** Direct surgery, Endovascular therapy, Extracranial-intracranial bypass, Neuroendoscopic intracerebral hematoma evacuation, Hybrid operation.

## はじめに

脳卒中（脳梗塞、脳出血、くも膜下出血）の外科治療は、広義には直達手術、血管内治療、定位あるいは放射線外科治療の3つのモダリティに大別される。頭部または頸部の血管病変に対して、直達手術では手術室で顕微鏡を用いて直視下に、血管内治療では血管内にカテーテルを挿入してアプローチする。放射線外科治療では、脳動静脈奇形などの疾患の一部に対して定位放射線照射を行う。脳卒中の発症予防、または発症後の再発防止や機能予後の改善を目的に、これらのモダリティはそれぞれ進歩してきた。長らく脳神経外科の主流であった直達手術に対して、機器と技術の進歩により、近年は「切らない治療」である血管内治療の重要性が増している。さらに今後は、「切るか、切らないか」の治療選択ではなく、より適切で低侵襲な治療を、必要に応じて複合的におこなうテーラーメイド手術の方向へと世界は向かっている。神経内視鏡や外視鏡の導入による手術の低侵襲化や、ハイブリッド手術室の開発による複合化で、冒頭に述べた従来の外科治療の枠組みは変化しつつある。本稿ではこのような近年の流れを理解するため、従来の直達手術の代表であるバイパス術の新たなエビデンスとその意義について触れ、さらに脳出血に対する神経内視鏡手術と、複雑な脳血管障害に対するハイブリッド外科手術について概説する。なお、脳卒中の外科治療において、この10年間で最も飛躍的な進歩を遂げたのは急性期脳梗塞に対する機械的血栓回収術であるが、こちらに関しては別項に譲る。

## バイパス術の新たなエビデンス— 出血型もやもや病の外科治療

もやもや病は、両側の内頸動脈終末部を中心に動脈狭窄が生じる原因不明の疾患で、東アジアに多く、わが国で命名された疾患である<sup>1)</sup>。頭蓋内の重要な動脈に狭窄が生じるため、小児期の脳梗塞の原因となる。これに対し、外頸動脈の枝である浅側頭動脈などを用いて、手術により頭蓋外—頭蓋内の血管を吻合（バイパス）することは理にかなっており、もやもや病の疾病としての概念が確立した直後から広く行われてきた（図1）。バイパス術により、短期的だけでなく長期的にも脳虚血症状の改善が得られることが報告されている<sup>2)</sup>。一方で、もやもや病には成人発症のパターンがあり、こちらは脳出血に伴って発見されることが多い。基本的な病態は小児と共通であり、動脈の狭窄に伴ってもやもや血管が増生し、そこへ長期的な血行力学的負荷がかかることで出血すると考えられている。理論的には、バイパス術を行うことでもやもや血管に対する負荷は減少し、出血のリスクを減少させると推定されていた。しかし、長期の経過追跡が必要であり一施設あたりの症例数も多くないため、その効果は実証されずにいた。

頭蓋外—頭蓋内バイパス術は、脳血管障害における代表的な直達手術の一つである。手術用顕微鏡を用いて、微小な脳血管に対する剥離・切開・縫合の操作を丹念におこなう手術は、近代の脳神経外科手術の基本手技が凝縮されており、血管内治療がどれほど進歩しても最後まで残りうる手術と考えられる。しかし、バイパス術のエビデンスは実は少なく<sup>3)</sup>、動脈硬化性の

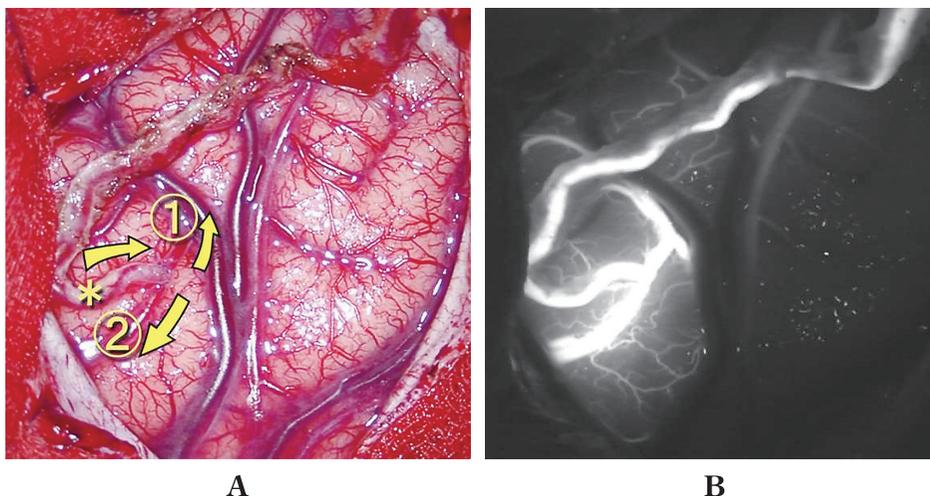


図1 もやもや病に対する頭蓋外—頭蓋内バイパス術  
左浅側頭動脈(\*)を脳表の中大脳動脈へ吻合し、中枢側(①)と末梢側(②)への血流を確認した(A)。術中インドシアニングリーン蛍光血管撮影でも、良好な血流を確認できる(B)。

\*オンライン版はカラー掲載

狭窄・閉塞性疾患に対するバイパス術は、わが国でおこなわれたランダム化比較試験(Randomized control study: RCT)で有意な結果が得られた<sup>4)</sup>以外、海外でのRCTは失敗に終わっている<sup>5)</sup>。その要因として、多施設が参加する研究では手術の質を保つことが難しく、周術期の合併症が多くなること、そして血行力学的脳虚血に基づいた手術適応の一般化が難しいことが挙げられる。

これらのような状況において、出血型もやもや病に対するバイパス術の有効性を検証するRCT (Japanese Adult Moyamoya [JAM] trial) がわが国で実施された。主要な結果は2014年のStroke誌に発表され、出血発症のもやもや病に対してバイパス術を行った群の方が、行わなかった群よりも再出血を含む主要評価項目の率が有意に低かった(年間3.2%対8.2%)<sup>6)</sup>。この結果は統計解析手法によっては境界域ではあったが、あらかじめ対象群を出血の部位により前方出血群と後方出血群の2群に層別化していたことは特記するに値する。もやもや病は大脳の前方循環における狭窄が主体のため、当初は前方出血群でバイパス術の効果がより期待で

きると見込まれていたが、実際は後方出血群の方が前方出血群よりも保存的治療での再出血率が有意に高く(年間17.1%対3.0%)、バイパス術による再出血予防効果も有意に高かった<sup>7)</sup>。もやもや病では前方循環系の動脈狭窄により、穿通枝などの小動脈が側副血行路として発達するが、前方に分布するレンズ核動脈よりも、後方に分布する前脈絡叢動脈を介した側副血管の方がより出血に関与し、バイパスによりそれらを退縮させることで再出血を予防できることが明らかとなった<sup>8)</sup>。かくして、脈絡叢型側副路と呼ばれるハイリスクな病態が新たに認識されることに至った(図2A, B)。このように、JAM trialによって直達手術の代表的手技であるバイパス術の新たなエビデンスが確立したが、周到に計画された研究デザインによってそれまでの通説を覆すような病態についての新たな知見が得られ、脳出血リスクの層別化がなされたことは大いに評価される。今後の外科治療が個別化へ向かう上では重要なプロセスであると考えられ、方法論的にも本研究の意義を示した。

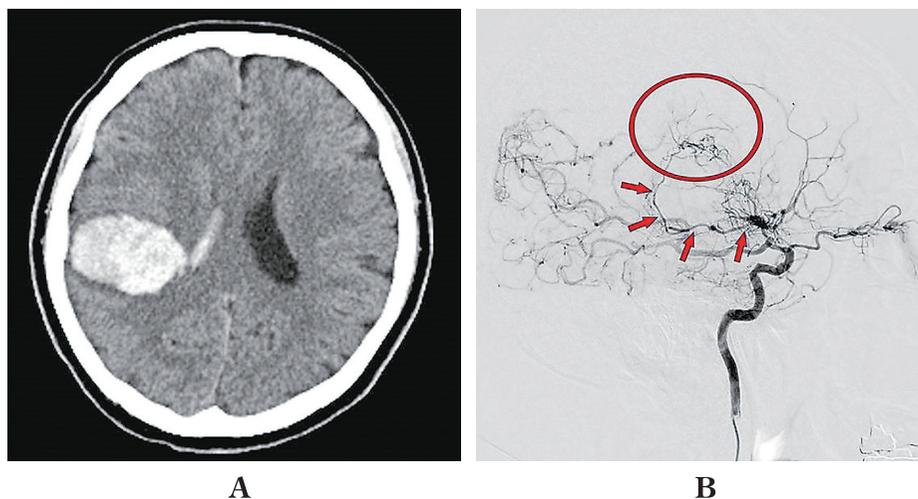


図2 もやもや病の後方出血型の脳出血と脈絡叢型側副路

頭部単純CTにて右側頭頭頂葉に新規脳出血を認めた(A)。脳血管撮影の右内頸動脈の側面像にて、発達した前脈絡叢動脈(矢印)が脳表の動脈と吻合し(円内)、脈絡叢型の側副路を形成している(B)。

\*オンライン版はカラー掲載

### 低侵襲外科手術—脳出血の外科治療

もやもや病と同様に、高血圧性性の脳出血も東アジアで多いとされる<sup>9)</sup>。近年の治療水準の向上に伴い、脳出血の生命予後は改善したが、高齢者では罹患率が上昇傾向で、介護を要する高齢者が増加する要因の一つとなっている<sup>10)</sup>。そのため、機能予後の改善を目指した治療の進歩は社会的にも重要だが、脳出血の外科治療については近年の目立った進歩に乏しい。重症の脳出血患者を手術しなければ、致命的な転帰をたどることは昔から明らかである。そのため、特に小脳出血などでは外科治療に関するRCTが成立し難い。中程度の神経学的所見で脳表から1 cm以内、血腫量10~100mlなど、限られた対象群に対する早期手術と保存的治療のRCT (Early surgery versus initial conservative treatment in patients with spontaneous supratentorial lobar intracerebral haematomas: STICH II) が2013年に発表されたが、6ヶ月後の予後に有意差を認めなかった<sup>11)</sup>。早期手術群の99%は開頭して顕微鏡下に血腫を除去する手術(開頭血腫除去術)であったが、限られ

た対象群においても外科治療の有効性を示すことができなかった。その後、脳出血に対する外科治療の関心は、低侵襲外科手術へ移ることになった。

低侵襲外科手術には穿頭で施行可能な血腫ドレナージ術と、穿頭または小開頭で行う神経内視鏡下血腫除去術が含まれる。血腫ドレナージ術は定位的手術装置(図3A)またはCTガイドやナビゲーション下(図3B)に、血腫内へドレーンを挿入して体外へ排除する方法である。侵襲度が低く、手術時間も短い。止血操作は困難で積極的に血腫は除去できない。神経内視鏡下血腫除去術では血腫へ向けて透明シース(図3C)を挿入する。その中に神経内視鏡(硬性鏡)と吸引管を挿入し、モニター画面で観察しながら血腫の吸引を行う(図3D~H)。開頭血腫除去術よりも低侵襲で、血腫ドレナージ術よりも積極的に血腫を摘出することができる。さらに凝固操作による止血も可能である。ただし動脈性の大量出血に対しては止血の限界があり、硬い血腫は除去が難しく、細径とはいえ外径10 mmのシースを脳内へ挿入するため、深部の病変の場合にはやや侵襲が大きく

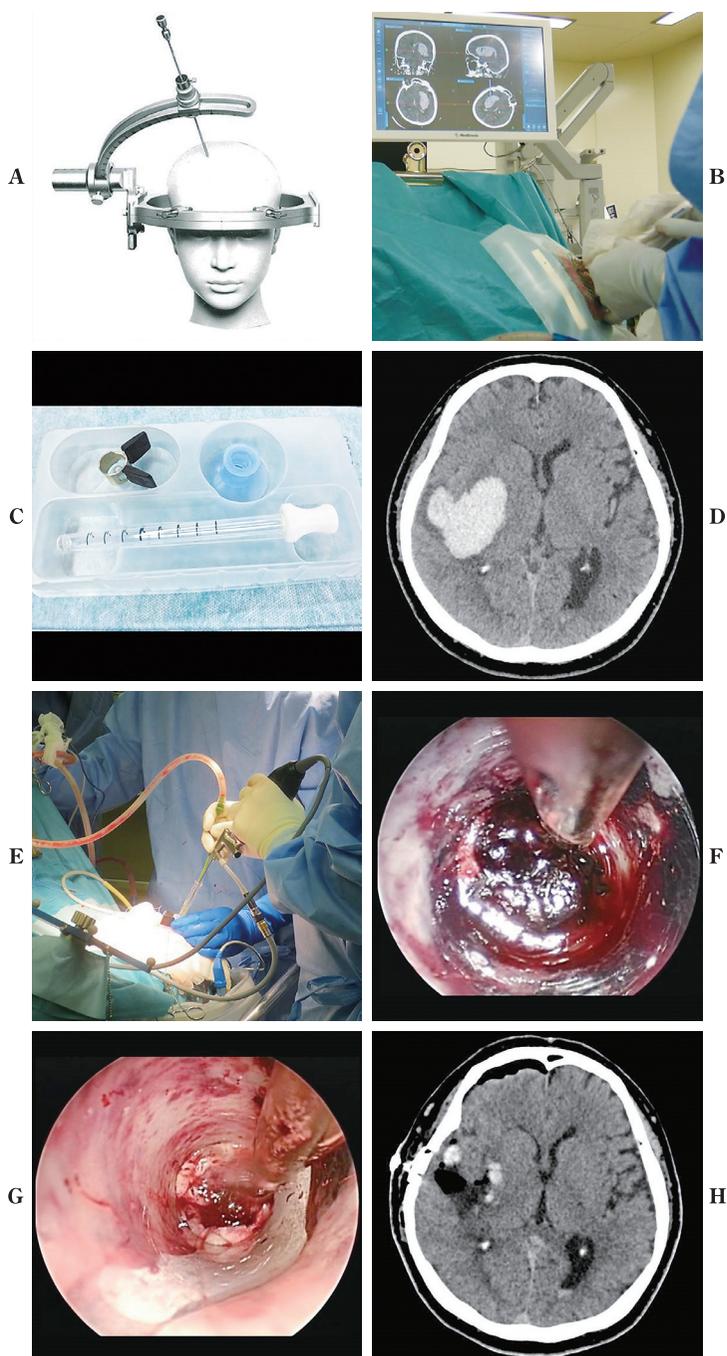


図3 脳出血に対する低侵襲外科手術

血腫ドレナージ術では、駒井式定位脳手術装置（A：ミズホ株式会社より許可を得て掲載）やナビゲーション（B）を使用して血腫ヘドレーンを挿入する。神経内視鏡下血腫除去術では透明シースを用いる（C）。頭部単純CTにて右被殻に脳出血を認める症例（D）。小開頭後に脳内へ透明シースを挿入し、術者は右手に吸引管、左手に神経内視鏡を持つ（E）。血腫の摘出開始時（F）と終了時（G）の神経内視鏡所見を示す。可視範囲内で血腫は概ね除去され、術後の頭部単純CTでも同様の所見が確認された（H）。

\*オンライン版はカラー掲載

なることに留意は必要である。

2012年のテント上脳出血に対するメタ解析では、低侵襲外科手術、開頭手術、内科的治療が比較され、特定のグループ（20～80歳、Glasgow Coma Scale 9点以上、血腫量25～40ml、発症から72時間以内の治療開始）においては低侵襲外科手術の有効性が示唆された<sup>12)</sup>。また2018年のシステマティック・レビューでは、低侵襲外科手術は開頭手術よりも死亡率や再出血率が低く、予後良好とされた<sup>13)</sup>。機能予後改善の可能性に関しては、発症から48時間以上経過した血腫量30ml以上の脳出血に対し、血腫ドレナージ術（術後に血栓溶解薬であるアルテプラゼを注入）を行った外科治療群と保存的治療群とを比較したRCTである Minimally invasive surgery with thrombolysis in intracerebral haemorrhage evacuation (MISTIE III)の結果が2019年に発表された<sup>14)</sup>。506例が登録され、結果は365日間の死亡は外科治療群で有意に低下したが、機能予後については有意差を認めなかった。低侵襲外科手術の新たなエビデンスを打ち立てるには至らなかったが、外科治療の安全性が確認され、さらに血腫残存量が15ml未満または70%以上の血腫摘出が予後良好の有意な因子であることが示された。この摘

出度を達成できていたのは外科治療群のうち59%に留まっていたことから、さらに積極的に血腫を摘出することの有効性を期待させるものである。筆者らは神経内視鏡下血腫除去術をおこなった自験例17例について、脳出血発症前の抗血栓療法（抗凝固薬または抗血小板薬）の有無で2群にわけ、術前後の頭部CTにおける血腫量を比較した。抗血栓療法なしが12例、ありが5例で、術前および術後の平均血腫量は2群間で有意な差を認めなかった。これは術前の抗血栓療法の有無に関わらず、神経内視鏡を用いて同程度に血腫を除去できることを示している。さらに抗血栓療法なし群の9例（75%）、あり群の4例（80%）で、前述のMISTIE IIIで示された残存血腫量15ml未満を達成していた<sup>15)</sup>。少数例の検討ではあるが、神経内視鏡を用いて予後良好の指標まで高頻度に血腫を除去しうることが示している。神経内視鏡下摘出術は、低侵襲性と確実性を併せ持った治療と考えられ、有効性に関する多数例での検証が待たれる。

### ハイブリッド外科手術— 複雑な脳血管障害に対する外科治療

前項では脳出血の手術における低侵襲化につ

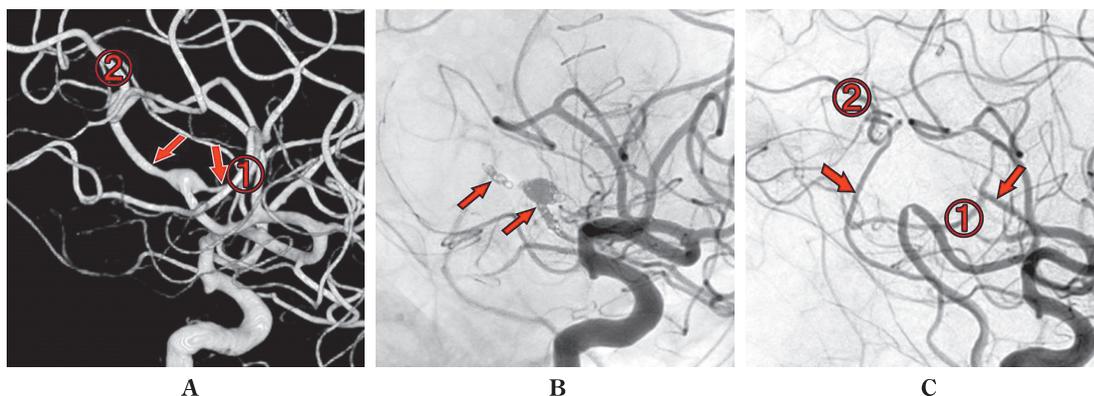


図4 複雑な脳動脈瘤に対するハイブリッド外科手術

3D—脳血管撮影像にて右中大脳動脈のM2-M3分岐部に動脈瘤を認め、2本のM3（矢印および①、②）は動脈瘤の体部から分岐していた（A）。治療終了時の脳血管撮影では、コイル（矢印）により動脈瘤を含む血管閉塞がなされ（B）、分枝（①と②）はバイパスした2本の浅側頭動脈（矢印）から灌流されていることを確認した（C）。

\*オンライン版はカラー掲載

いて述べた。近年の外科治療におけるもう一つの重要な概念は、複合化である。複雑な病態の治療には、複数の治療手段の組み合わせが必要な場合がある。この際、適正かつ低侵襲となるような治療選択をおこなう。例えば、中大脳動脈の比較的末梢に生じた未破裂脳動脈瘤が増大傾向で、動脈瘤は2本の分枝を巻き込んでいる場合である(図4A)。単純な開頭クリッピング術や血管内治療によるコイル塞栓術は困難である。ステントを駆使したコイル塞栓術でも、動脈瘤の確実な閉塞が得られるかどうかは不明確である。患者は若年者のため、動脈瘤を含めて血管を遮断し、閉塞する分枝にはバイパスを置く戦略とした。バイパス術のためには開頭が必要なので、その際に動脈瘤を同時に処理することも可能だが、比較的広範な脳の剥離操作が必要となり、脳損傷のリスクが上昇すると考えられた。より低侵襲な方法として、動脈瘤を含む血管閉塞は血管内治療で行った(図4B, C)。このように、開頭手術と血管内治療のそれぞれの利点を活かし、欠点を減じることで最大の治療効果を得ようとするのがハイブリッド外科手術である。脳卒中に関する領域では、前述のような複雑な脳動脈瘤の治療の他に、脳動静脈奇形の摘出術における術中確認や支援、アクセスルートの問題や複数の狭窄病変を有する頸動脈狭窄症に対する直接穿刺でのステント留置術や内膜剥離術との同時手術などが挙げられる<sup>16)</sup>。

頸動脈狭窄症の外科治療において、欧米ではステント留置術と内膜剥離術の良いところ取りの複合治療の報告が増加している。Transcarotid artery revascularization (TCAR) と呼ばれる手技では、頸部を小切開して総頸動脈を直接穿刺し、さらに総頸動脈を遮断して逆流循環を作りつつ遠位塞栓器具も使用してステント留置術をおこなう。これらの工夫により、カテーテルのアプローチと手技中のプラーク破綻に伴う遠位塞栓からの脳梗塞リスクを減らすことを目的としており、ハイブリッド手術室でおこなわれる<sup>17)</sup>。システマティック・レビューではTCARは早期の死亡・脳卒中・その他の合併症が低く、長期的な効果も期待できるとしている。

しかし症候性の症例では早期の脳血管イベントが多い傾向がある<sup>18)</sup>。筆者らを含め、わが国では従来の大腿動脈からのアプローチによるステント留置術において、既に同様の工夫を重ねた手技を発展させており<sup>19)</sup>、TCARが直ちに盛んになるとは考えにくい。しかしハイブリッド外科手術へ向かう世界の潮流を確認できるよい事例と思われる。

これらの手技をそれぞれ別の時間や場所で行うことも可能な場合はあるが、同時に施行することで最大の効果が見込まれる。そのためには、直達手術と血管内治療に必要な機器をどちらも備えたハイブリッド手術室の活用が望ましい。脳神経外科領域では2種類のハイブリッド手術室が存在し、一つは脳および脊髄血管造影が可能な血管撮影装置を備えたもので、もう一つは脳腫瘍に適した術中CTやMRI装置を備えたものである<sup>20)</sup>。京都府立医科大学附属病院では、前者のハイブリッド手術室を備えている。脳動脈瘤の治療においてハイブリッド手術室を使用することで、手術合併症は減少して手術時間が短縮したと報告されている<sup>21)</sup>。1027例と多数の脳血管障害の外科治療シリーズでは、19.8%の症例でハイブリッド手術室の使用が重要または有効と判定された。また79例で血管撮影装置による術中CT like imageを併用した脳出血の血腫ドレナージも施行された<sup>20)</sup>。さらに、内膜剥離術とステント留置術を必要に応じて同時に行うことで、症候性の頸動脈慢性閉塞を安全に再開通させる報告もある<sup>22)</sup>。頸動脈の慢性閉塞を再開通させることはこれまで標準的な治療ではなく、必要に応じて頭蓋外—頭蓋内バイパス術が選択されてきたが、それに取って代わる可能性もある。現時点でのハイブリッド手術室の欠点としては、それぞれの治療を単独で行う場合に比べて脳血管撮影の質や手術ベッドの自由度などが制限される場合があること、手技が煩雑となりやすく、抗血栓療法と止血を術中に調整する必要があることなどが挙げられる<sup>16)</sup>。一方、ハイブリッド手術室を使用せず、例えば複雑な動脈瘤の治療を二期的に行う場合には、それぞれの手技の合併症や技術的な不成功例が

増加することが懸念される。脳卒中に対するハイブリッド外科手術には、さらなる機器の進歩や経験の蓄積が求められるが、今後の高度先進医療の推進のためには必須の治療戦略と思われる。

## おわりに

出血型もやもや病に対するバイパス術、脳出血に対する神経内視鏡を中心とした低侵襲外科手術、さらに複雑な脳血管障害に対するハイブ

リッド外科手術について概説した。これらは脳卒中の外科治療における適切な治療選択、低侵襲化、複合化という近年の進歩を示している。直達手術、血管内治療、放射線外科治療というモダリティを、従来の枠組みに囚われることなく駆使し、より高度で安全な外科治療の進歩を目指していくことが期待される。

開示すべき潜在的利益相反状態はない。

## 文 献

- 1) Suzuki J, Takaku A. Cerebrovascular “moyamoya” disease. Disease showing abnormal net-like vessels in base of brain. *Arch Neurol*, 20: 288-299, 1969.
- 2) Scott RM, Smith JL, Robertson RL, Madsen JR, Soriano SG, Rockoff MA. Long-term outcome in children with moyamoya syndrome after cranial revascularization by pial synangiosis. *J Neurosurg*, 100: 142-149, 2004.
- 3) Wessels L, Hecht N, Vajkoczy P. Bypass in neurosurgery-indications and techniques. *Neurosurg Rev*, 42: 389-393, 2019.
- 4) 小笠原邦昭, JET Study Group. Japanese EC-IC Bypass Trial (JET Study) 中間解析結果 (第二報). *脳卒中の外*, 30: 434-437, 2002.
- 5) Powers WJ, Clarke WR, Grubb RL, Jr. Videen TO, Adams HP, Jr. Derdeyn CP. Extracranial-intracranial bypass surgery for stroke prevention in hemodynamic cerebral ischemia: the Carotid Occlusion Surgery Study randomized trial. *JAMA*, 306: 1983-1992, 2011.
- 6) Miyamoto S, Yoshimoto T, Hashimoto N, Okada Y, Tsuji I, Tominaga T, Nakagawara J, Takahashi JC. Effects of extracranial-intracranial bypass for patients with hemorrhagic moyamoya disease: results of the Japan Adult Moyamoya Trial. *Stroke*, 45: 1415-1421, 2014.
- 7) Takahashi JC, Funaki T, Houkin K, Inoue T, Ogasawara K, Nakagawara J, Kuroda S, Yamada K, Miyamoto S. Significance of the Hemorrhagic Site for Recurrent Bleeding: Prespecified Analysis in the Japan Adult Moyamoya Trial. *Stroke*, 47: 37-43, 2016.
- 8) Funaki T, Takahashi JC, Houkin K, Kuroda S, Takeuchi S, Fujimura M, Tomata Y, Miyamoto S. Angiographic features of hemorrhagic moyamoya disease with high recurrence risk: a supplementary analysis of the Japan Adult Moyamoya Trial. *J Neurosurg*, 128: 777-784, 2018.
- 9) van Asch CJ, Luitse MJ, Rinkel GJ, van der Tweel I, Algra A, Klijn CJ. Incidence, case fatality, and functional outcome of intracerebral haemorrhage over time, according to age, sex, and ethnic origin: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Neurol*, 9: 167-176, 2010.
- 10) Gotoh S, Hata J, Ninomiya T, Hirakawa Y, Nagata M, Mukai N, Fukuhara M, Ikeda F, Shikata K, Kamouchi M, Kitazono T, Kiyohara Y. Trends in the incidence and survival of intracerebral hemorrhage by its location in a Japanese community. *Circ J*, 78: 403-409, 2014.
- 11) Mendelow AD, Gregson BA, Rowan EN, Murray GD, Gholkar A, Mitchell PM. Early surgery versus initial conservative treatment in patients with spontaneous supratentorial lobar intracerebral haematomas (STICH II) : a randomised trial. *Lancet*, 382: 397-408, 2013.
- 12) Zhou X, Chen J, Li Q, Ren G, Yao G, Liu M, Dong Q, Guo J, Li L, Guo J, Xie P. Minimally invasive surgery for spontaneous supratentorial intracerebral hemorrhage: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Stroke; a journal of cerebral circulation*, 43: 2923-2930, 2012.
- 13) Xia Z, Wu X, Li J, Liu Z, Chen F, Zhang L, Zhang H, Wan X, Cheng Q. Minimally Invasive Surgery is Superior to Conventional Craniotomy in Patients with Spontaneous Supratentorial Intracerebral Hemorrhage: A Systematic Review and Meta-Analysis. *World Neurosurg*, 115: 266-273, 2018.

- 14) Hanley DF, Thompson RE, Rosenblum M, Yenokyan G, Lane K, McBee N, Mayo SW, Bistran-Hall AJ, Gandhi D, Mould WA, Ullman N, Ali H, Carhuapoma JR, Kase CS, Lees KR, Dawson J, Wilson A, Betz JF, Sugar EA, Hao Y, Avadhani R, Caron JL, Harrigan MR, Carlson AP, Bulters D, LeDoux D, Huang J, Cobb C, Gupta G, Kitagawa R, Chicoine MR, Patel H, Dodd R, Camarata PJ, Wolfe S, Stadnik A, Money PL, Mitchell P, Sarabia R, Harnof S, Barzo P, Unterberg A, Teitelbaum JS, Wang W, Anderson CS, Mendelow AD, Gregson B, Janis S, Vespa P, Ziai W, Zuccarello M, Awad IA. Efficacy and safety of minimally invasive surgery with thrombolysis in intracerebral haemorrhage evacuation (MISTIE III) : a randomised, controlled, open-label, blinded endpoint phase 3 trial. *Lancet*, 393: 1021-1032, 2019.
- 15) 丸山大輔, 村上 守, 古丸裕二郎, 藤原 岳, 岸田健吾, 村上陳訓. 当院における脳出血の外科的マネジメント. *京都第二赤十字病医誌*, 40: 29-35, 2019.
- 16) Iihara K, Satow T, Matsushige T, Kataoka H, Nakajima N, Fukuda K, Isozaki M, Maruyama D, Nakae T, Hashimoto N. Hybrid operating room for the treatment of complex neurovascular and brachiocephalic lesions. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 22: e277-285, 2013.
- 17) Sujjantararat N, Antonios J, Koo A, Renedo D, Cord BJ, Zetchi A, Hebert R, Matouk C. Transcarotid artery revascularization (TCAR): a technical video. *J Neurointerv Surg*, 2021.
- 18) Galyfos GC, Tsoutsas I, Konstantopoulos T, Galanopoulos G, Sigala F, Filis K, Papavassiliou V. Editor's Choice - Early and Late Outcomes after Transcarotid Revascularisation for Internal Carotid Artery Stenosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 61: 725-738, 2021.
- 19) Nanto M, Goto Y, Yamamoto H, Tanigawa S, Takado M, Ogawa T, Nakahara Y. Periprocedural Outcomes of Carotid Artery Stenting in Elderly Patients. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 27: 103-107, 2018.
- 20) Liao CH, Chen WH, Lee CH, Shen SC, Tsuei YS. Treating cerebrovascular diseases in hybrid operating room equipped with a robotic angiographic fluoroscopy system: level of necessity and 5-year experiences. *Acta Neurochir (Wien)*, 161: 611-619, 2019.
- 21) Xu F, Huang L, Xu B, Gu Y, Leng B. Endovascular Retrograde Suction Decompression-Assisted Clipping of Large Paraclinoid Aneurysm in Hybrid Operating Room: 2-Dimensional Operative Video. *World Neurosurg*, 114: 178, 2018.
- 22) Jiang WJ, Liu AF, Yu W, Qiu HC, Zhang YQ, Liu F, Li C, Wang R, Zhao YL, Lv J, Li TX, Liu C, Zhou J, Zhao JZ. Outcomes of Multimodality In situ Recanalization in Hybrid Operating Room (MIRHOR) for symptomatic chronic internal carotid artery occlusions. *J Neurointerv Surg*, 11: 825-832, 2019.

## 著者プロフィール



## 丸山 大輔 Daisuke Maruyama

所属・職：京都府立医科大学大学院医学研究科脳神経機能再生外科学（脳神経外科）・助教

略歴：2002年3月 京都府立医科大学 医学部 医学科卒  
 2005年4月 京都第一赤十字病院 脳神経外科 医師  
 2010年4月 国立循環器病研究センター 脳神経外科 専門修練医  
 2012年4月 国立循環器病研究センター 脳神経外科 医師  
 2017年7月 京都第二赤十字病院 脳神経外科 医長  
 2020年10月 京都府立医科大学 脳神経外科 助教 現在に至る

専門分野：脳卒中の外科治療（直達手術，血管内治療，神経内視鏡治療）  
 脳循環代謝

- 主な業績：1. Maruyama D, Yamada T, Murakami M, Fujiwara G, Komaru Y, Nagakane Y, Murakami, N, Hashimoto N, et al. FLAIR vascular hyperintensity with DWI for regional collateral flow and tissue fate in recanalized acute middle cerebral artery occlusion. *Eur J Radiol*, **135**: 109490, 2021.
2. Koiso T, Maruyama D, Hamano E, et al. Hyperperfusion Syndrome Detected by 15O-Gas Positron Emission Tomography after Clipping of a Large Unruptured Internal Carotid Artery Aneurysm: A Case Report. *NMC Case Report Journal*, **8**: 275-279, 2021.
3. Murakami M, Maruyama D, Fujiwara G, Komaru Y, Murakami N, Iiduka R. Early treatment of progressive vertebral arteriovenous fistula caused by cervical penetrating injury. *Acute Med Surg*, **7**: e467, 2020.
4. Murakami M, Fujiwara G, Maruyama D, Komaru Y, Murakami N. Migration of lipiodol into lateral ventricles after embolization of cerebral arteriovenous malformation: a case report. *Br J Neurosurg*, **1-4**, 2019.
5. Maruyama D, Kataoka H, Satow T, Mori H, Ito Y, Hamano E, Tanaka S, Ishiguro T, Chikuie H, Takahashi JC. Neurosurgical Management and Outcomes of Cerebrovascular Disease in Pediatric Patients with Heart Disease. *Neurol Med Chir (Tokyo)*, **58**: 334-340, 2018.
6. Maruyama D, Satow T, Kataoka H, Mori H, Hamano E, Orita Y, Eguchi S, Takahashi JC. Multimodal Interventional Treatment and Outcomes for Unruptured Arteriovenous Malformations. *Acta Neurochir Suppl*, **129**: 115-120, 2018.
7. Yang T, Higashino Y, Kataoka H, Hamano E, Maruyama D, Iihara K, Takahashi JC. Correlation between reduction in microvascular transit time after superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass surgery for moyamoya disease and the development of postoperative hyperperfusion syndrome. *J Neurosurg*, **128**: 1304-1310, 2018.
8. Kawamura Y, Maruyama D, Akagi Y, Iihara K. Effective Intraluminal Shunt in Carotid Endarterectomy for Carotid Artery Near Occlusion: Technical Report. *World Neurosurg*, **106**: 813-818, 2017.
9. Hamano E, Kataoka H, Morita N, Maruyama D, Satow T, Iihara K, Takahashi J C. Clinical implications of the cortical hyperintensity belt sign in fluid-attenuated inversion recovery images after bypass surgery for moyamoya disease. *J Neurosurg*, **126**: 1-7, 2017.
10. Maruyama D, Fukuda K, Kataoka H, Morita Y, Nishimura K, Kawamura Y, Iihara K. Evaluation of carotid artery outward remodeling by T1-weighted magnetic resonance imaging in carotid endarterectomy and stenting. *J Vasc Surg*, **61**: 1464-1471, 2015.