

脳動脈瘤clipping術における運動誘発電位と indocyanine green術中血管造影併用の意義

前田理名、及川光照、佐々木雄彦、国沢卓之*、村橋威夫、高田英和
渡部寿一、早瀬一幸、大里俊明、中川原譲二、中村博彦
中村記念病院 脳神経外科、財団法人北海道脳神経疾患研究所
*旭川医科大学 麻酔科

Efficacy of Motor-evoked Potential and Indocyanine Green Angiography for Aneurysm Clipping Surgery

Masana MAEDA, M.D., Mitsuteru OIKAWA, M.D., Takehiko SASAKI, M.D., Takeo MURAHASHI, M.D., Hidekazu TAKADA, M.D., Toshiichi WATANABE, M.D., Kazuyuki HAYASE, M.D., Toshiaki OSATO, M.D., Jyoji NAKAGAWARA, M.D., and Hirohiko NAKAMURA, M.D.

Department of Neurosurgery, Nakamura Memorial Hospital, and Hokkaido Brain Research Foundation, Sapporo, Japan

Summary

Recently, motor-evoked potential (MEP) and indocyanine green angiography (ICG-Angio) are useful monitoring in preventing neurological deficits during aneurysm clipping surgery. MEP sensitively detects ischemia of pyramidal tracts. ICG-Angio visualizes residual aneurysm or unintended occlusion of parent vessels intraoperatively under microscope. We reported the validity of the two monitoring together.

Case presentation: 69-year-old female who was found unruptured aneurysm of the middle cerebral artery was treated with MEP and ICG-Angio. Combination with MEP and ICG-Angio are sensitive, reliable monitoring and helpful in detecting comprehensive pyramidal tracts ischemia during aneurysm clipping surgery.

Key words: motor-evoked potential, indocyanine green angiography

はじめに

脳動脈瘤クリッピング術において、動脈瘤近傍から分岐する穿通枝の血流不全を術中に把握することは必ずしも容易ではない⁵⁾。血管の外観上、狭窄がないと判断しても内腔が狭窄している可能性がある。近年、indocyanine greenを用い顕微鏡下に脳血管を観察できる血管造影 (ICG-Angio) は、細動脈の狭窄を評価するのに有用であるが、錐体路の血流不全を直接評価しているのではない。今回、運動誘発電位motor-evoked potential (MEP) と ICG-Angio を併用し、錐体路虚血の電気生理学的評価と穿通枝の形態学的評価を同時に術中に把握できた一例を経験したので報告する。

方 法

症例は69歳の女性で、平成20年4月脳ドックにて脳動脈瘤を指摘され、精査・治療目的に当科入院となった。既往歴・嗜好歴として、高血圧症、糖尿病、喫煙歴があった。入院時神経学的所見は特記すべきものなし。脳血管撮影にて、脳動脈瘤は左中大脳動脈 middle portionで Fronto-orbital arteryの分岐近傍に最大径8mmのblebを伴う動脈瘤を認め、Neck近傍にはLenticulostriate artery (LSA) を認めた (Fig. 1)。

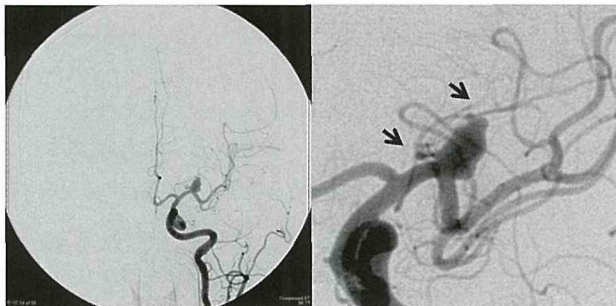


Fig. 1 左内頸動脈造影
Fronto-orbital arteryの分岐近傍に最大径8mmの動脈瘤。Neck近傍よりLenticulostriate arteryを認める (矢印)。

麻酔はpropofol/fentanyl/remifentanylを用いた完全静脈麻酔にて行った。麻酔深度は、脳波モニターであるBispectral Index (BIS) モニターを用いBISを40-60に維持した。体温は、37度前後にコントロールとした。

脳表電極には、4チャンネルのグリッド電極を使用し、

体性感覚誘発電位 (SEP) を施行し中心溝を同定した。運動神経の導出としては対側短母指外転筋より誘発電位を導出し、SEPで用いた脳表電極を刺激電極として用い、運動野を跨ぐようにして双極刺激で手の運動野 precentral knob近傍を刺激した。刺激は、15-25mAにて5連発刺激 (2Hz) とした。

手術用顕微鏡は、OPMI®Pentero® (ZEISS社製) を使用し、indocyanine green 2.5mgを肘正中静脈より静注し、術中血管造影を行った。開頭後、髄液排出に伴うBrain shiftにより電極が移動する可能性があるため、MEPの電極は母血管を確保した段階で脳表に設置した。

手術所見

左前頭側頭開頭後に、母血管と動脈瘤を露出し、脳表電極を設置。SEPにて中心溝の位置を確認した。前述の如くMEPを施行し、controlを導出した。中大脳動脈 (M1) にTemporary clippingを行った後は1分間隔でMEPを施行。Temporary clipping後2分でMEP振幅の増大を認めた。Temporary clipping後5分で振幅は徐々に低下し、Temporary clippingより5分4秒で動脈瘤clippingを施行した (Fig. 2)。その後急速なMEPの低下を認め、

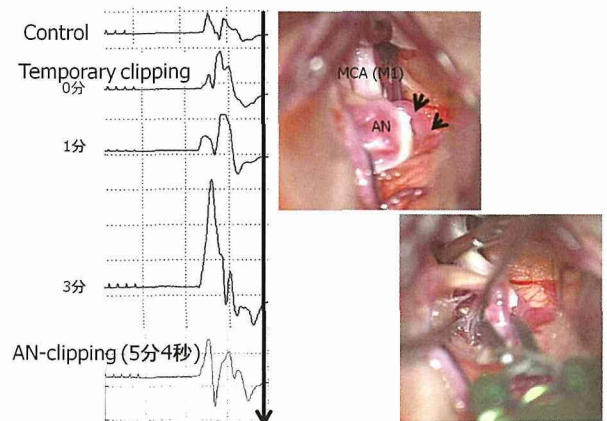


Fig. 2 Control～AN-clippingまでのMEP変化
上段: 矢印はfront-orbital artery、下段: AN-clipping

Temporary clipping後8分13秒でMEPは平坦化した。母血管遮断による脳血流低下に加えて、動脈瘤clippingがさらなる錐体路虚血を招いた可能性も考えられたため、直ちにTemporary clipをはずし、ICG-Angioを施行した

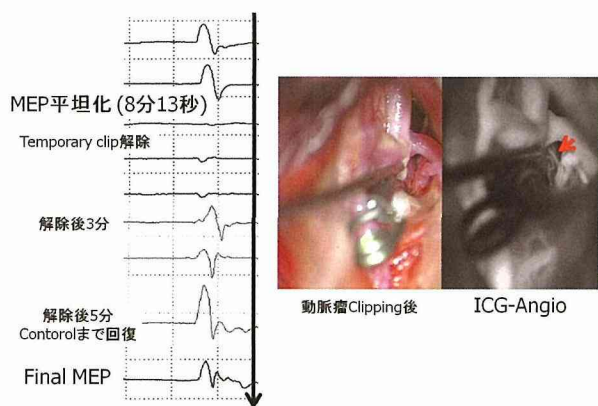


Fig. 3 AN-clipping～final MEPまでのMEP変化
矢印はLenticulostriate artery (LSA)

ところ穿通枝の開存を確認できた (Fig. 3)。そのため、clipを外すことなく動脈瘤周囲の作業を行い、Temporary clipping解除後3分にはcontrol振幅の2分の1に、解除後5分にはcontrolの振幅まで改善したため、錐体路の虚血が改善されたと考えられた。その後もMEPは低下することなく手術は終了し、術後神経症状の悪化を認めなかった。

考 察

脳動脈瘤clipping手術において重篤な合併症の一つである運動麻痺の発生を予期し防ぐことは重要な課題である。特に動脈瘤近傍から分岐する穿通枝の血流不全を術中に把握することは必ずしも容易ではない。

血流評価としてはドップラー血流計が用いられていたが、プローブの当て方で血流が変わってしまうことや、ドップラー血流検査であることから他の血管の血流を拾ってしまうことや、穿通枝などの細い血管の血流評価を行うのは困難であることから錐体路の虚血を評価するのは無理であった⁶⁾。

MEPによるモニタリングにおいては、錐体路虚血を電気生理学的に検出するものであり、錐体路を灌流する動脈の血流不全を鋭敏に感知しfalse negativeがないという特徴がある。しかし、MEPはあくまで錐体路の虚血のモニタリングであり、外側線状体動脈や前脈絡叢動脈の灌流領域と錐体路とは必ずしも一致しないことから、MEPが関与しない穿通枝等の評価は困難であり、術中MEPに変化が生じていなくても血流不全及び梗塞巣が出現する可能性がある^{1,4,5)}。

ICG-Angioは特殊な顕微鏡が必要であるが、手技が簡

単で素早く比較的細い血管の狭窄を評価できる利点がある。またインドシアニングリーンは肝機能検査に用いられている試薬で副作用は0.1%以下と安全性の高い薬で、術中使用しやすい。しかし、穿通枝動脈のように細い動脈においては若干の血流変化が灌流領域の血流不全を呈する可能性があり、あくまで形態的評価にとどまる。

本症例において、Temporary clipping施行後よりMEPの増幅という変化を認め、その後徐々に低下していたが、MEPの振幅が増大する現象は、Bolayらによりratの主幹動脈閉塞モデルを用いた報告があり³⁾、発生機序としては、主幹動脈の閉塞による皮質の虚血と同時に、錐体路を含む深部の虚血が回避されることによって皮質に脱抑制が生じ、MEPの振幅が増大するとされる。本症例でもTemporary clippingによる皮質枝の虚血性変化の一つと考えられるが、常に出現する現象ではないため今後の検討が必要と考えられる。

また、鈴木らによると、錐体路における穿通枝での血流不全は60秒ほどで変化し、120秒ほどで再現されるといわれ、皮質枝の血流不全は7分ほど後に変化するものがあるとされている²⁾。本症例においてもTemporary clippingから8分13秒後に平坦化しており、動脈瘤clippingがさらなる虚血性変化を起こした可能性を考えても10分前後のモニタリングは重要と考えられる。たとえば術中にMEPに変化が生じてもそれが一過性であり手術終了までに回復した場合には、術後運動麻痺が出現しても一過性でその後消失する可能性がある²⁾。

脳動脈瘤clipping手術において、形態的な血流の評価には術中digital subtraction angiography (DSA) が優れているが、カテーテルの挿入や撮影の度に顕微鏡を中断しなければならないといった煩雑性があり、また手術室のDSAでは穿通枝など1mm以下の血管の狭窄の判断は困難である。ICG-angioは母血管の血流状態及び近傍の穿通枝等の狭窄の評価を顕微鏡下であるが、clipの陰など顕微鏡下に観察できていない部位の確認は困難であり、造影中にclipの移動や顕微鏡倍率の調節等の工夫が必要である。

本症例においては、Temporary clipping後にMEP振幅が増幅しその後減少し、動脈瘤clipping後にMEPは平坦化した (Fig. 2, 3)。母血管遮断後のMEP振幅増幅はBolayの報告³⁾ から考えると、錐体路虚血の初期変化である可能性がある。Clipping後にMEPが平坦化したため、あたかもclippingにより穿通枝の虚血が起こり錐体路虚

血になったように思えたが、Temporary clipを除去しICG-Angioにて穿通枝および母血管の形態的血行を確認することが可能であり、temporary clippingの解除とともにMEPの振幅が回復したため、再びclippingを施行することなく、temporary clippingの影響であると判断し得た。

このようにtemporary clippingを行う際は、2つ以上の要因が錐体路血流不全を呈する。これらの状況を術中にリアルタイムに判断し、合併症を低減するにはMEPを用いた電気生理学的モニタリングと、ICG-Angioを用いた形態学的狭窄評価の両者を同時に用いることが必要と考える。

結 語

MEPとICG-Angioを併用することで脳動脈瘤clipping術時の錐体路虚血の評価及び穿通枝を含む血管の開存をモニタリングすることが可能となり、複雑な虚血変化を術中にリアルタイムに評価することができた。今後両者を併用することで脳動脈瘤手術に伴う術後運動神経麻痺の合併予防に有用であると考え報告した。

文 献

- 1) Suzuki K, Kodama N, Sasaki T, et al: Intraoperative monitoring of blood flow insufficiency in the anterior choroidal artery during aneurysm surgery. J Neurosurg, 2003; 98: 507-514.
- 2) 鈴木恭一, 佐々木達也, 松本正人ら: 脳動脈瘤手術における運動誘発電位モニタリング. 臨床脳波, 2008; 50:462-469.
- 3) Bolay H, Gürsoy-Özdemir Y, Unal I, et al: Altered mechanisms of motor-evoked potential generation after transient focal cerebral ischemia in the rat: implications for transcranial magnetic stimulation. Brain Res, 2000; 873: 26-33.
- 4) Neuloh G, Schramm J: Monitoring of motor evoked potentials compared with somatosensory evoked potentials and microvascular Doppler ultrasonography in cerebral aneurysm surgery. J Neurosurg, 2004; 100: 389-399.
- 5) Friedman JA, Pichelmann MA, Piepgras DG, et al:

Ischemic complications of surgery for anterior choroidal artery aneurysms. J Neurosurg, 2001; 94: 565-572.

- 6) 鈴木恭一, 渡部洋一, 市川剛ら: 蛍光脳血管撮影と連続的ドップラー血流検査を用いた脳動脈瘤手術における穿通枝血流不全のモニタリング. 脳卒中の外科, 2008; 36: 427-433.