Interhemispheric approach における内側前頭回を指標とした 前交通動脈の位置の推定

今田 裕尊¹⁾, 勇木 清¹⁾, 右田 圭介¹⁾, 貞友 隆¹⁾, 桑原 政志¹⁾

1) 国立病院機構東広島医療センター脳神経外科

Prediction of the Intraoperative Location of the Anterior Communicating Artery using Medial Frontal Gyrus as a Landmark in an Interhemispheric Approach

Yasutaka Imada, M.D.¹⁾, Kiyoshi Yuki, M.D.¹⁾, Keisuke Migita, M.D.¹⁾, Takashi Sadatomo, M.D.¹⁾, and Masashi Kuwabara, M.D.¹⁾

1) Department of Neurosurgery, Higashihiroshima Medical Center

Medial frontal gyrus (MFG) designates a part of the medial surface of the frontal lobe that is situated at the superior and rostral side of the cingulate sulcus and is divided into two or three gyri in front of the paraterminal gyrus. We evaluated the usefulness of MFG as a landmark for predicting the location of the anterior communicating artery (A-com) in an interhemispheric approach.

Firstly, we retrospectively investigated the positional relationship between the tuberculum sellae (TS) and the sulcus dividing the MFG via thin slice sagittal views of MRI T1 weighted images in 34 patients who had been examined at our hospital from January to December 2011. The point A was defined as the crossing point between the sulcus dividing the MFG into two gyri and the line connecting TS and the tip of the paraterminal gyrus. Secondly, we retrospectively reviewed intraoperative movies and preoperative images in 24 patients who had been operated on using the interhemispheric approach at our hospital from May in 2006 to February 2012. We investigated the distances between TS and A-com by the preoperative images and the positional relationship between MFG and A-com using the intraoperative movies.

The mean distance between TS and the point A was 9.7 mm (range 8.3–11.2 mm). In addition, in cases where the distance between TS and A-com was approx. 10 mm using the preoperative images, A-com was located at the depth of the sulcus where it divided the MFG into two gyri in the operation field.

Prediction of the intraoperative location of A-com using the sulcus as a landmark to divide MFG into two gyri is useful using the interhemispheric approach.

(Received June 8, 2012 ; accepted October 23, 2012)

Key words : medial frontal gyrus, anterior communicating artery, interhemispheric approach

Jpn J Neurosurg (Tokyo) 22 : 459–466, 2013

はじめに

前交通動脈瘤に対する interhemispheric approach (以

下 IHA) において前交通動脈の位置を念頭に置いて半球間裂の剥離を行うことは重要である。前交通動脈の位置の推定にはその遠位部での前大脳動脈の走行やその分枝

連絡先: 今田裕尊, 〒723-0051 三原市宮浦 6-2-1 山田記念病院脳神経外科

Address reprint requests to: Yasutaka Imada, M.D., Department of Neurosurgery, Yamada Memorial Hospital, 6-2-1 Miyaura, Mihara-shi, Hiroshima 723-0051, Japan

Fig. 1 T1-weighted MRI sagittal view. Medial frontal gyrus is divided into two or three gyri. Point A (yellow circle) is the point where the sulcus dividing MFG into two gyri (green wavy line) and the line between tuberculum sellae and the tip of paraterminal gyrus (blue arrow) crossed.

ACA: anterior cerebral artery, A-com: anterior communicating artery, CiG: cingulate gyrus, MFG: medial frontal gyrus, PTG: paraterminal gyrus, TS: tuberculum sellae

が主な指標となるが、半球間裂の剥離が前交通動脈近傍に到達するまでは推定が困難な場合も多い。それは半球間裂の剥離の最終段階まで左右の内側前頭回 (medial frontal gyrus: MFG) が前交通動脈部を覆い隠しているためである²⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁹⁾。今回、われわれは鞍結節から前交通動脈までの距離と MFG との位置関係を検証し、MFG を指標とした前交通動脈の位置の推定が可能かどうか検討した。

対象と方法

① MRI による MFG の形態と鞍結節からの距離の解剖学的位置関係

2011 年 1 月～12 月の間にトルコ鞍近傍病変あるいは疑いに対してトルコ鞍近傍の MRI 検査を行い、スライス厚 3 mm 以下で T1 強調矢状断像を得た 34 例を対象とした。男性 13 例、女性 21 例、平均年齢 57 歳 (19～88 歳) であった。

両側大脳半球で MFG を形成する脳回の形態を 2 分割型と 3 分割型に判別し、分割された脳回を浅層から深層へ順に MFG1～3 と呼ぶことにして検討を行った。次いで、MFG を 2 分割する脳溝の終点から前頭蓋底に平行な延長線と終板傍回先端部との交点を point A とし、鞍

結節から point A までの距離を MRI 上で測定し、解剖学的位置の検討を行った (Fig. 1)。

② 術中所見による位置関係の検討

2006 年 5 月～2012 年 2 月の間に IHA により手術を行い前交通動脈の位置を確認した 24 例を対象とした。男性 7 例、女性 17 例、年齢は平均 68 歳 (13～86 歳)、動脈瘤クリッピング術 22 例、腫瘍摘出術 2 例であった。

術前の脳血管撮影 (digital subtraction angiography: DSA) 側面像あるいは three-dimensional-computed tomography angiography (3D-CT angiography: 3DCTA) 矢状断像により鞍結節から前交通動脈までの距離を測定した。次に、術中ビデオにより MFG を構成する脳回と前交通動脈との位置関係を retrospective に確認し、鞍結節から前交通動脈までの距離との関連を検討した。

結果

① MRI による MFG の形態と point A から鞍結節までの距離

MRI 矢状断で 34 例中 30 例は MFG の 1 半球側が 2 つの脳回、反対側が 3 つの脳回に分割されていた。また、この 30 例中 17 例 (57%) で右半球側の MFG が 2 つの脳回に分割されていた。残りの 4 例は両側ともに 2 つの脳回に分割されていた。また、MFG が 2 つに分割される半球側では point A から鞍結節までの距離は平均 9.7 ± 0.9 mm であった (Table 1)。つまり、MFG を 2 分割する脳溝の終点から頭蓋底に平行な延長線上は鞍結節から平均 9.7 mm のきわめて限局された範囲に位置した。

② 術中所見による前交通動脈の位置

鞍結節と前交通動脈の距離は 3～16 mm であった。また、24 例全例で 1 側半球では MFG は 2 つの脳回、反対側で 3 つの脳回に分割されていた。このうち 7 例 (29%) で右半球側の MFG が 2 つの脳回に分割されていた。MFG が 2 分割された半球側で浅層を MFG1、深層を MFG2 と定義すると (Fig. 1)、鞍結節と前交通動脈の距離が 3 mm の症例では MFG1 の中間部より頭蓋底寄りの点から、5～6 mm の症例では MFG1 の中間点から、7～8 mm の症例では MFG1 の中間点と MFG1-2 間の脳溝との間の点から、9～10 mm の症例では MFG1-2 間の脳溝から、11 mm の症例では MFG1-2 間の脳溝と MFG2 の中間点との間の点から、15～16 mm の症例では MFG2 の中間点から、各々頭蓋底と平行な方向への術野深部に

Table 1 Summary of the MRI findings in 34 patients

Case	Age/Sex	The distance between TS and point A (mm)	The number of MFG	
			Rt	Lt
1	48/M	10.1	3	2
2	61/M	10.2	2	3
3	61/M	8.2	3	2
4	69/M	10.5	2	3
5	83/M	9	3	2
6	64/M	11.2	2	3
7	57/M	8.9	2	3
8	73/M	10.1	3	2
9	63/M	9.8	3	2
10	66/M	9.6	2	3
11	56/M	10.4	3	2
12	28/M	8.3	2	2
13	62/M	10.8	2	3
14	36/F	9.1	3	2
15	80/F	10.5	2	3
16	81/F	10.1	2	3
17	47/F	8.5	3	2
18	86/F	11.2	2	2
19	68/F	8.6	3	2
20	44/F	10.1	2	3
21	60/F	9.8	2	3
22	88/F	10.6	2	2
23	67/F	8.7	2	3
24	71/F	10	3	2
25	29/F	9.2	2	3
26	45/F	9.2	2	3
27	19/F	8.3	3	2
28	72/F	10.6	3	2
29	45/F	10.8	2	3
30	55/F	9.6	2	3
31	39/F	9.4	2	3
32	37/F	8.8	2	3
33	30/F	10.8	2	2
34	41/F	10.1	3	2

Rt: Right, Lt: Left, MFG: medial frontal gyrus, TS: tuberculum sellae

前交通動脈が存在した (Table 2).

症例提示

【症例 1】

前交通動脈瘤破裂の 69 歳女性 (case 21). 術前の 3DCTA より鞍結節から前交通動脈までの距離は約 11 mm であった. IHA にて MFG を剥離していくと, 左側の MFG は 2 つ, 右側の MFG は 3 つの脳回に分割されるのが観察された. さらに深部に剥離を進めていくと, 左側の MFG を二分する脳溝から頭蓋底と平行な方向への術野深部のやや MFG2 寄りに前交通動脈を認めた (Fig. 2).

【症例 2】

前交通動脈瘤破裂の 72 歳女性 (case 24). 術前の DSA より鞍結節から前交通動脈までの距離は約 16 mm であった. IHA にて MFG を剥離していくと, 左側の MFG は 3 つ, 右の MFG は 2 つの脳回に分割されるのが観察された. さらに深部に剥離を進めていくと, 右側の MFG2 の中間点から頭蓋底と平行な方向への術野深部に前交通動脈を認めた (Fig. 3).

【症例 3】

頭蓋咽頭腫の 13 歳女性 (case 5). 術前の DSA より鞍結節から前交通動脈までの距離は約 5 mm であった. IHA にて MFG を剥離していくと, 左側の MFG は 3 つ, 右の MFG は 2 つの脳回に分割されるのが観察された.

Table 2 Summary of the preoperative images and intraoperative findings

Case	Age/Sex	The distance between TS and A-com (mm)	The side of MFG divided into two gyrus	The location of A-com
1	51/F	3	Rt	On the extension line of MFG1 near the base
2	80/F	3	Rt	On the extension line of MFG1 near the base
3	84/F	3	Lt	On the extension line of MFG1 near the base
4	54/M	5	Rt	On the extension of the midline of MFG1
5	13/F	5	Rt	On the extension of the midline of MFG1
6	74/F	5	Lt	On the extension of the midline of MFG1
7	71/F	5	Lt	On the extension of the midline of MFG1
8	75/F	5	Lt	On the extension of the midline of MFG1
9	84/F	5	Lt	On the extension of the midline of MFG1
10	56/M	5	Lt	On the extension of the midline of MFG1
11	81/M	6	Lt	On the extension of the midline of MFG1
12	67/F	7	Rt	On the extension line of MFG1 near the sulcus between MFG1 and MFG2
13	59/M	7	Lt	On the extension line of MFG1 near the sulcus between MFG1 and MFG2
14	62/F	8	Lt	On the extension line of MFG1 near the sulcus between MFG1 and MFG2
15	59/F	9	Lt	On the extension of the sulcus between MFG1 and MFG2
16	75/F	10	Rt	On the extension of the sulcus between MFG1 and MFG2
17	76/F	10	Lt	On the extension of the sulcus between MFG1 and MFG2
18	69/M	10	Lt	On the extension of the sulcus between MFG1 and MFG2
19	78/F	10	Lt	On the extension of the sulcus between MFG1 and MFG2
20	56/M	10	Lt	On the extension of the sulcus between MFG1 and MFG2
21	69/F	11	Lt	On the extension line of MFG2 near the sulcus between MFG1 and MFG2
22	79/F	11	Lt	On the extension line of MFG2 near the sulcus between MFG1 and MFG2
23	86/F	15	Lt	On the extension of the midline of MFG2
24	72/M	16	Rt	On the extension of the midline of MFG2

Rt: Right, Lt: Left, A-com: anterior communicating artery, MFG: medial frontal gyrus, TS: tuberculum sellae

さらに深部に剥離を進めていくと、右側の MFG1 の中間点から頭蓋底と平行な方向への術野深部に前交通動脈を認めた (Fig. 4).

考 察

IHA における剥離過程は、まず脳梁膝部前方の帯状回を剥離して脳梁周囲動脈を露出させ、次いで頭蓋底側の MFG を剥離し、もう一度手前に戻って深層の MFG と帯状回を剥離しながら前大脳動脈を近位側へ向けて露出していくことになる。最終的には終板槽まで進み、前大脳動脈やその分枝の走行、鞍結節の位置などを指標に前交

通動脈や動脈瘤の位置を推定し、残りの半球間裂を慎重に剥離していくことになる²⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾。この剥離過程において MFG と前交通動脈との位置関係が事前にわかれば、より効率よく安全に半球間裂の剥離操作を進めていくことができると思われる。ここで、術前検査による前交通動脈の鞍結節または蝶形骨平面からの距離が前交通動脈の位置を推定する一つの指標となり得る³⁾⁷⁾⁹⁾が、この距離と MFG との正確な位置関係についてはあいまいである。そこでわれわれは矢状断像における前頭葉内側面と前交通動脈との解剖学的位置関係に着目した。

解剖学的には半球間裂の MFG は前頭葉内側面で帯状回の外層を形成する脳回の集合体であり、IHA における

Fig. 2 An 69-year-old woman (case 21) with anterior communicating artery aneurysm. Ruptured case : The distance between TS and A-com is 11 mm (A), right MFG is divided into three gyri and left MFG is divided into two gyri (B), A-com is situated (black arrow) at the extended line of the left sulcus dividing MFG into two gyri (B, C, D).

Fig. 3 An 72-year-old woman (case 24) with anterior communicating artery aneurysm. Ruptured case : The distance between TS and A-com is 16 mm (A), right MFG is divided into two gyri and left MFG is divided into three gyri (B), A-com is situated (black arrow) at the extended line of the midline of right MFG2 (B, C, D).

Fig. 4 An 13-year-old woman (case 5) with craniopharyngioma : The distance between TS and A-com is 5 mm (A), right MFG is divided into two gyri and left MFG is divided into three gyri (B), A-com is situated (black arrow) at the extended line of the midline of right MFG1 (B, C).

Fig. 5 Prediction of the location of A-com by using MFG as a landmark

進入方向に沿って形成される脳溝によって最終的には2～3の脳回に分割され中隔野に至る。さらに MFG を分割する脳溝は最終的にはほぼ前頭蓋底に平行に走行し、その延長線は終板方向に向かう¹⁾⁸⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾。これら分割された脳回の浅層部を直回、深層部を paraolfactory gyrus と記載されたものも散見される⁴⁾⁶⁾⁸⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹⁴⁾、解剖学的定義があいまいである。今回われわれは前頭葉前方内側面の帯状回と中隔野を除いた領域を総じて MFG と定義し、分割された脳回を浅層から深層へ順に MFG1～3 と呼ぶことにして検討を行った。

一方、両側前大脳動脈の A1 は視神経あるいは視交叉上を通過した後に前交通動脈を形成する。この時、視神経上を通過する A1 が前方に長く走行する場合には鞍結節や蝶形骨平面上方で低位前交通動脈を形成し、A1 が視交叉上を通過する場合には高位前交通動脈を形成することになる¹¹⁾。つまり矢状断でみた場合に前交通動脈は蝶形骨平面から視神経・視交叉上面、さらに終板へと至る曲線のやや上方のどこかに位置することになる。このことから前交通動脈は近似的に鞍結節と終板傍回先端部を結ぶ線上付近に存在するものとみなし、この線と MFG を分割する脳溝との位置関係を検証し、MFG を分割する脳溝を指標とした前交通動脈の位置の推定を試みた。

MRI 矢状断による検討において、MFG を2分割する脳溝を頭蓋底に平行に終板方向に伸ばした延長線は鞍結節から終板傍回先端部方向に10 mm 前後の限局した位置を通過していた。近似的に鞍結節と終板傍回先端部を結ぶ線上付近に前交通動脈は存在するとみなせば、鞍結節から10 mm 前後に位置する前交通動脈は MFG を2分割する脳溝の頭蓋底に平行な術野深部への延長線上に存在すると推定される。また、同様に鞍結節からの距離に応じた前交通動脈の位置を MFG の形態を指標として推定できるのではないかと考えられた。実際に術中所見においても、これを裏づける結果となった (Fig. 5)。しかし、各 MFG (1～3) の幅にはバリエーションが存在するため、この推定方法では多少の誤差は生じるものと考えられる。このため、IHA において実際の前大脳動脈の走行や鞍結節の位置等を十分に確認したうえで、MFG の形態も参考にしつつ前交通動脈の位置を推定するのが望ましいと考えられた。

結 語

IHA において MFG の形態を指標とし、術前に測定した鞍結節から前交通動脈の距離に応じて前交通動脈の位置をある程度推定可能であった。これによって半球間裂剥離の比較的早い段階で前交通動脈の位置をある程度推定でき、手術を行ううえで有用であると考えられた。

文 献

- 1) 宜保浩彦, 外間政信, 大沢道彦, 小林茂昭: 臨床のための局所解剖学。東京, 中外医学社, 2000, pp.186-187.
- 2) 石川達哉: クリッピング・バイパス・CEA の理論と技術: 脳血管外科の学び方・教え方。大阪, メディカ出版, 2011, pp.73-83.
- 3) 兵頭明夫, 水上公宏, 田澤俊明, 富樫 修, 江口 孝: 前交通動脈瘤に対する手術アプローチの考察。No *Shinkei Geka* 12: 469-475, 1984.
- 4) 上山博康: Anterior Interhemispheric Approach のための微小解剖。顕微鏡下手術のための微小解剖Ⅲ—脳槽, 脳裂と脳溝—。東京, サイメッドパブリケーション, 1991, pp.39-49.
- 5) 上山博康, 宝金清博: 脳動脈瘤手術: 基本技術とその応用。東京, 南江堂, 2010, pp.100-105, pp.208-227.
- 6) 数又 研: Interhemispheric approach について。脳外速報 21: 1202-1206, 2011.
- 7) 小林茂昭, 一ノ瀬良樹, 杉田虔一郎: 前交通動脈瘤の手術—解剖を中心とした考察—。No *Shinkei Geka* 15: 235-240, 1987.
- 8) Kringelbach ML, Rolls ET: The functional neuroanatomy of the human orbitofrontal cortex: evidence from neuroimaging and neuropsychology. *Prog Neurobiol* 72: 341-372, 2004.
- 9) 大熊洋揮, 棟方 聡, 嶋村則人: 前交通動脈瘤—解剖と手術手技—。No *Shinkei Geka* 36: 27-43, 2008.
- 10) Ramos A, Chaddad-Neto F, Joaquim AF, Campos-Filho JM, Mattos JP, Ribas GC, Oliveira E: The microsurgical anatomy of the gyrus rectus area and its neurosurgical implications. *Arq Neuropsiquiatr* 67: 90-95, 2009.
- 11) Rhoton AL: *RHOTON—cranial anatomy and surgical approaches—neurosurgery*. Singapore, Markono Print Media, 2003, pp.41-48, pp.110-119.
- 12) Spetzler RF, Koos WT, Richling B, Lang J: *Color atlas of microneurosurgery—microanatomy・approaches・techniques* —, Second edition, revised and expanded Volume 2: *Cerebrovascular Lesions*. Stuttgart, New York, Thieme, 1997, pp.3-68.
- 13) 高橋昭喜: 脳 MRI 1. 正常解剖, 第2版。東京, 秀潤社, 2001, pp.14-22.
- 14) 山浦 晶: 脳神経外科体系 3 基本手術手技, 解剖, 麻酔。東京, 中山書店, 2005, pp.89-94.

Interhemispheric approach における内側前頭回を指標とした前交通動脈の位置の推定

今田 裕尊 勇木 清 右田 圭介 貞友 隆 桑原 政志

Interhemispheric approach (IHA) において、内側前頭回 (MFG) の形態を指標とした前交通動脈 (A-com) の位置の推定を試みた。MRI T1 強調矢状断像の検討の結果、MFG を 2 分割する脳溝を頭蓋底に平行に終板方向に伸ばした延長線は、鞍結節から終板傍回先端部方向に 10 mm 前後の限局した位置を通過していた。近似的に鞍結節と終板傍回先端部を結ぶ線上付近に前交通動脈は存在するとみなせば、鞍結節から 10 mm 前後に位置する前交通動脈は MFG を 2 分割する脳溝の頭蓋底に平行な術野深部への延長線上に存在すると推定され、術中所見も同様の結果であった。これより、IHA において MFG の形態を指標とし、術前に測定した鞍結節から前交通動脈の距離に応じた前交通動脈の位置の推定はある程度可能であった。

脳外誌 22 : 459-466, 2013

Editorial Comment

Interhemispheric approach における前交通動脈瘤の位置

東北大学脳神経外科 冨永悌二

以前、Seoul National University をリタイアした Dae Hee Han 教授が、中大脳動脈瘤の手術で開頭の段階からナビゲーターを使って動脈瘤の位置を特定し、根治術を行うという学会発表を行っているのを聞いて少々驚いた記憶がある。ことほど左様に、動脈瘤、特に破裂動脈瘤の手術での術者は、術野における動脈瘤の位置あるいは場所をできるだけ早い段階で目にしたいと思う。

本論文は、半球間裂アプローチの際、前交通動脈瘤の位置を、内側前頭回を指標にして推定することを試みたものである。他のアプローチに比べて、半球間裂アプローチは剥離面積が大きく時間を費やす

ため、剥離中に動脈瘤の位置を確実に想定できれば、安全効率的に操作が行える。著者らによれば鞍結節から終板傍回先端部へ向け 10 mm 前後に位置する前交通動脈瘤は、内側前頭回を二分して頭蓋底に平行な線上にあるという。前頭回のバリエーションや、計測点の定義など、すっきり割り切れない部分もあるが、今剥離している前頭回から動脈瘤の位置を推定できればという本論文の実地的発想は、ナビゲーターや 3D シミュレーション画像による個別情報でなく、あくまで簡便な法則をみつけようとする試みであり、本誌読者の共有すべきものであると思う。