

Title	脳梗塞のCT診断-血管支配と側副血行-
Author(s)	田之畑, 一則
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1999, 59(4), p. 113-121
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19564
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

脳梗塞のCT診断 - 血管支配と側副血行 -

田之畑一則

横浜労災病院放射線科

Computed Tomography of Brain Infarct with Special Reference to Vascular Territories and Collateral Pathways

Kazunori Tanohata

The essential approach to CT diagnosis is to evaluate precise radiological findings. However, in some cases, other additional information may play an important role in the detection of disease itself. In brain infarct, this can include clinical symptoms, the hemodynamics of cerebral circulation, and other factors. From this point of view, the normal vascular territories of the brain and collateral pathways in cerebral stenotic or occlusive vascular diseases are described, and representative cases are presented.

Research Code No. : 503.1

Key words : Anatomy, Vascular territory, Collateral pathway, Brain infarct, CT

Received Jan. 18, 1999

Department of Radiology, Yokohama Rosai Hospital

本論文は第34回日本医学放射線学会秋季臨床大会(1998年10月)の教育講演で発表され、日本医学放射線学会誌編集委員会より執筆依頼したものである。

はじめに

脳梗塞の画像診断を行う際に、梗塞そのものの直接的な画像所見を正確に評価することよりむしろ、他の情報例えば臨床所見、血行動態などを把握することが重要なポイントとなる場合がある。このような観点から、ここでは正常の血管支配と、虚血性変化を生じた領域にどのような側副血行が生じ得るのかという点に関して記載する。これらの知識は、普段我々が脳虚血性疾患の画像診断を行う場合に、個々の症例における質的診断、治療の有無、治療法の選択に有用な情報を与えてくれると考えられる。

1. 正常の血管支配

脳を栄養する主要血管である前大脳動脈、中大脳動脈、後大脳動脈の支配領域をそれぞれの血管間の境界領域がどの部位にあるのかという点について述べた後、境界領域の偏位、解剖学的境界部の診断学的意義についても言及する。

1) 前大脳動脈と中大脳動脈との境界領域

前大脳動脈と中大脳動脈との境界はどの教科書を見ても、上前頭溝または中前頭回に引かれている^{1),2)}(Fig.1)。従って、上前頭回が前大脳動脈の、中前頭回の一部が中大脳動脈の支配領域であることに関しては問題がない。実際の境界部位は、個々の症例で異なり、上前頭溝、中前頭回のいずれもでも良いと考えられるが、血管撮影で判断する限りでは、中前頭回を2分割する線に沿って境界領域を有する例が頻度的に多い印象を受ける(Fig.1C, Fig.2)。

2) 中大脳動脈と後大脳動脈との境界領域

中大脳動脈と後大脳動脈との境界領域で問題となるのは側頭葉底面で、中大脳動脈の分枝である側頭極動脈の支配領域と後大脳動脈の分枝である前側頭動脈の支配領域との境界部である(Fig.3)。正確な境界部位は両血管の発達程度で相補的な関係を有しているが、実際の読影上は、側頭葉極部(前半部)は中大脳動脈の支配領域と考えてよい(Fig.4)。

3) 前大脳動脈と後大脳動脈との境界領域

前大脳動脈と後大脳動脈との境界領域は、前大脳動脈の分枝である上および下内頭頂動脈と後大脳動脈の分枝であ

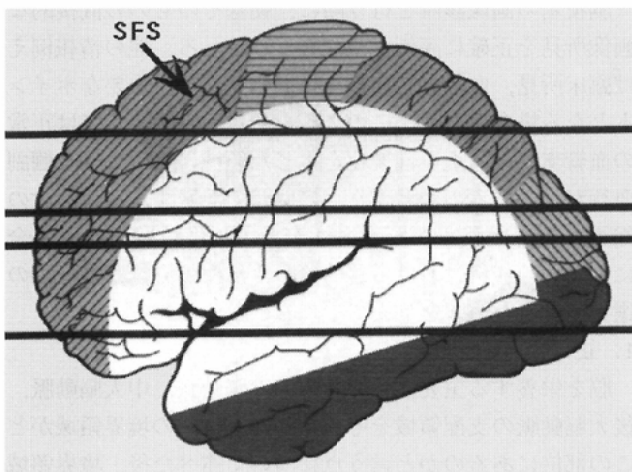
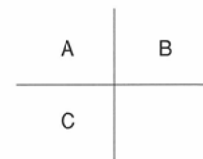
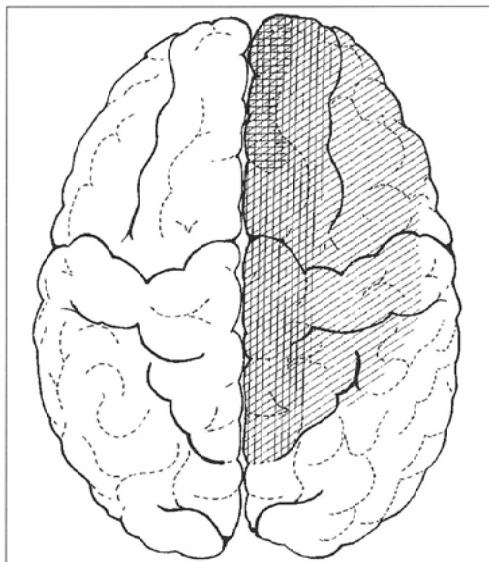
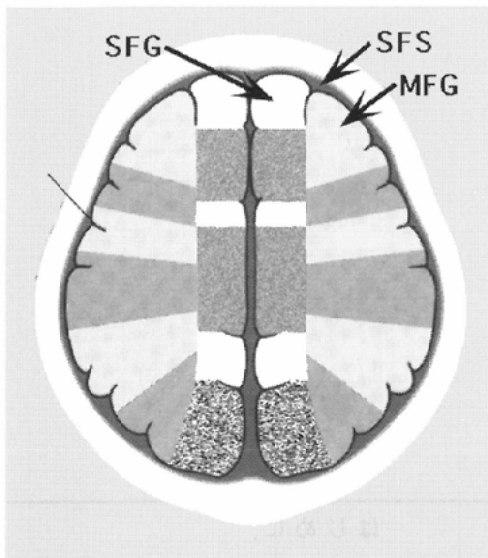


Fig.1 Schema showing the borderline between the territories of the anterior and middle cerebral arteries. A, B, and C are reproduced and altered from the textbooks^{1,2)}, showing the borderline located on the superior frontal sulcus, the area from the superior frontal sulcus to the middle frontal gyrus, and the mid-portion of the middle frontal gyrus, respectively. SFS: superior frontal sulcus, SFG: superior frontal gyrus, MFG: middle frontal gyrus.

る頭頂後頭動脈との境界部位になる。従って、これらの血管の境界部位は頭頂後頭裂の前方で頭頂後頭裂に沿って頭頂葉に引いた線に相当することになる。

4)境界領域の偏位(shift of water-shed zone)

仮に、相接する主要血管の一方に持続的な血流低下があるとすると、血流低下を示す血管の支配領域は縮小する。このため、血流低下のない血管の支配領域が縮小した領域を補うように拡大し、結果として、境界部(分水嶺-water-shed)が血流低下を示す血管の支配領域へ移動することを境界領域の偏位と定義する。このような現象は主要血管の近位部に強い狭窄性、閉塞性病変がある場合に見られる(Fig.5)。例えば、中大脳動脈水平部に狭窄がある場合には、前大脳動脈および後大脳動脈からの中大脳動脈支配領域への偏位が、また、中大脳動脈水平部に閉塞がある場合には、前大脳動脈および後大脳動脈からの中大脳動脈全支配領域への偏位が生じる。従って、このような支配領域の偏位がある症例で、非可逆性の虚血性病変が生じた場合には、梗塞の範囲が通常と異なり大きくなったり小さくなったりすることがある。即ち、すでに支配領域が拡大している血管系に虚血性変化が生じた場合には梗塞巣は通常より

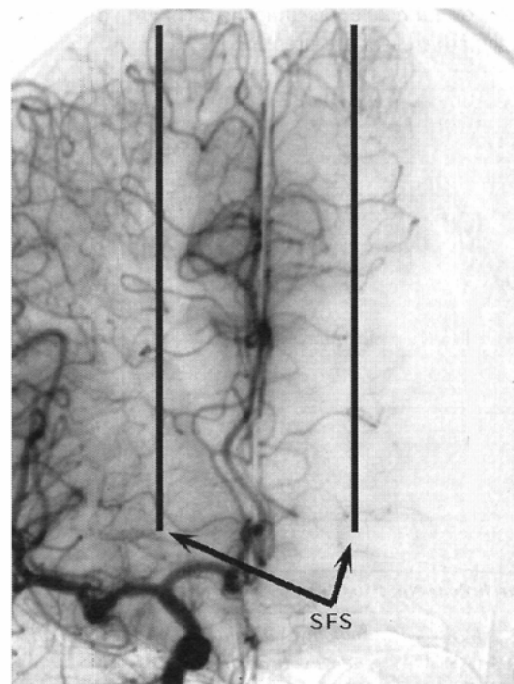


Fig.2 Schema indicating the borderline between the territories of the anterior and middle cerebral arteries, and frontal view in the arterial phase of a right internal carotid arteriogram. The cortical branches of the anterior cerebral artery extend to the territory of the middle cerebral artery across the superior frontal gyrus. SFS: superior frontal sulcus.

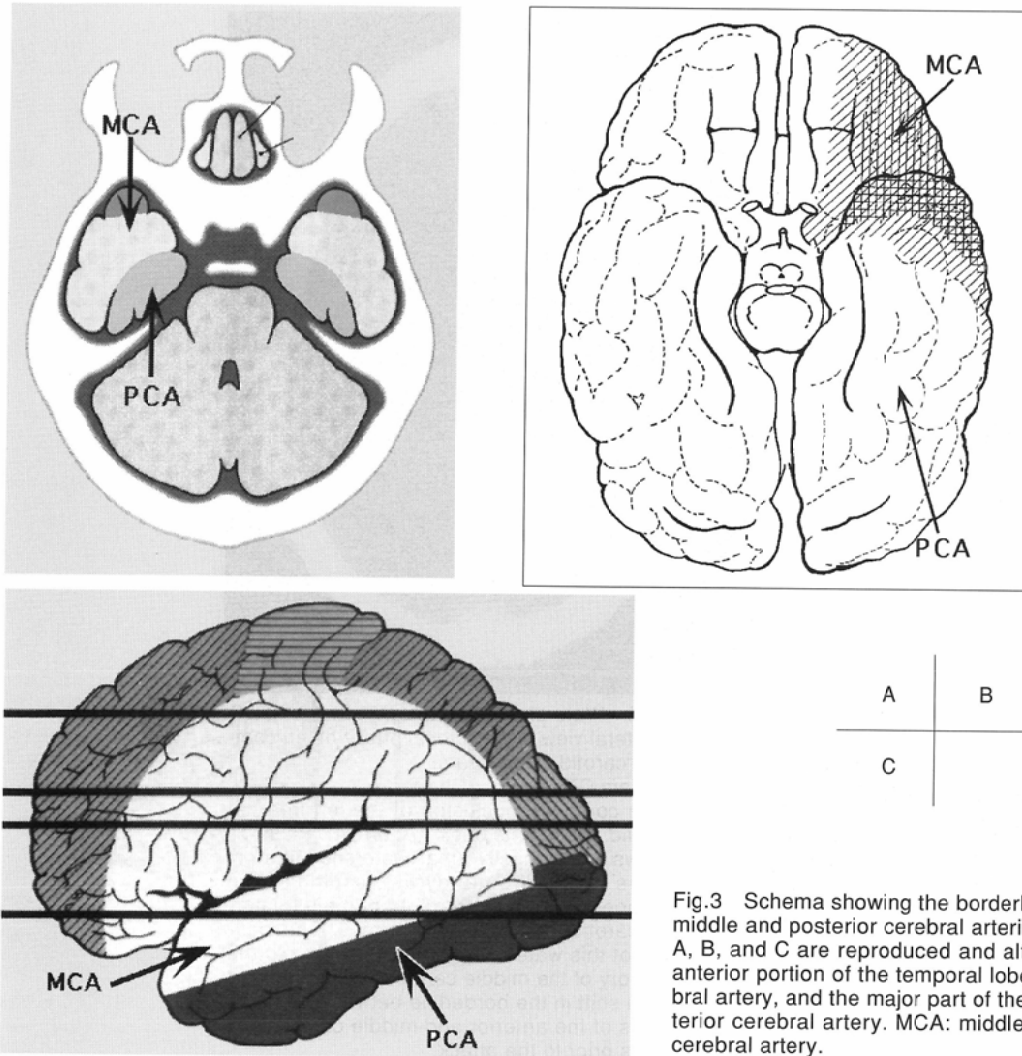


Fig.3 Schema showing the borderline between the territories of the middle and posterior cerebral arteries. A, B, and C are reproduced and altered from the textbooks^{1,2)}. The anterior portion of the temporal lobe is supplied by the middle cerebral artery, and the major part of the basal temporal lobe by the posterior cerebral artery. MCA: middle cerebral artery, PCA: posterior cerebral artery.

大きく、また、すでに支配領域が縮小している血管系に虚血性変化が生じた場合には梗塞巣は通常より小さくなる。この現象は、後で述べる leptomeningeal anastomosis を視点を変えて見ていると考えても良い。また、塞栓性閉塞では梗塞の範囲が大きく、血栓性閉塞では梗塞の範囲が小さいことを明瞭に説明し得るし、浅側頭動脈-中大脳動脈吻合などの脳神経外科的なアプローチの適応、効果などの目安の一つとしても有用と考えられる。

5) 解剖学的境界部の診断学的意義

もっとも重要な診断学的意義は、CTで梗塞を示唆する低吸収域(典型的には、皮質、白質を含む低吸収域)が見られたとき、その梗塞巣がどの血管系の支配領域に相当する部位にあるのか、または、相接する血管系の境界領域に存在するのか、を判断することである(Fig.6)。前者と後者(いわゆる、分水嶺梗塞)では、梗塞の原因が異なり治療の適応、選択も違ってくる(Fig.7)。次に大事な診断学的意義は、CT上、低吸収域として描出され梗塞と類似所見を示す疾患を鑑別する場合に、重要な診断基準となることである。例えば、CT上、梗塞と鑑別を要する代表的な疾患として(陳旧性)脳挫傷が挙げられる(Fig.8)。幸いなことに、脳挫傷は境

界部位が比較的明瞭に同定し得る前頭葉、側頭葉に多く、通常、前頭葉では前大脳動脈と中大脳動脈支配領域の両方

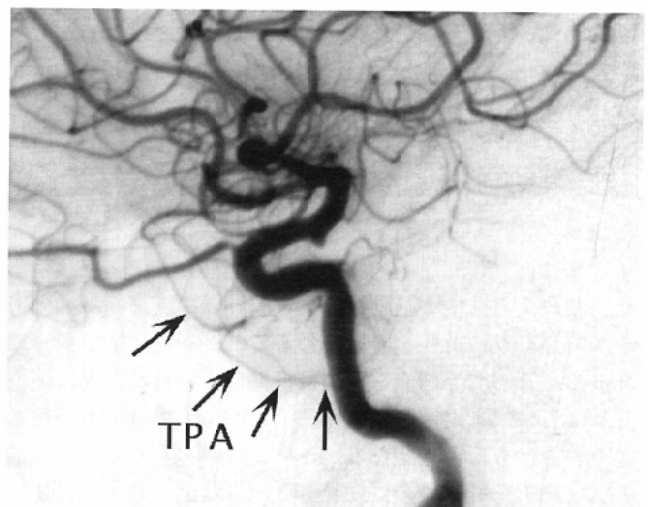
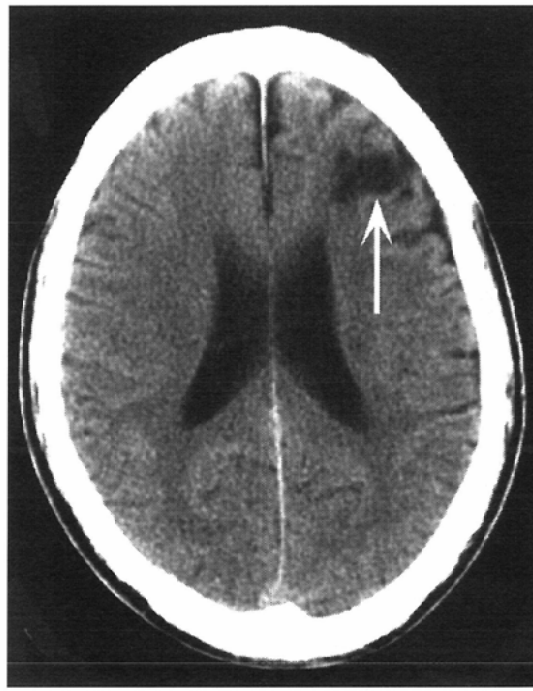
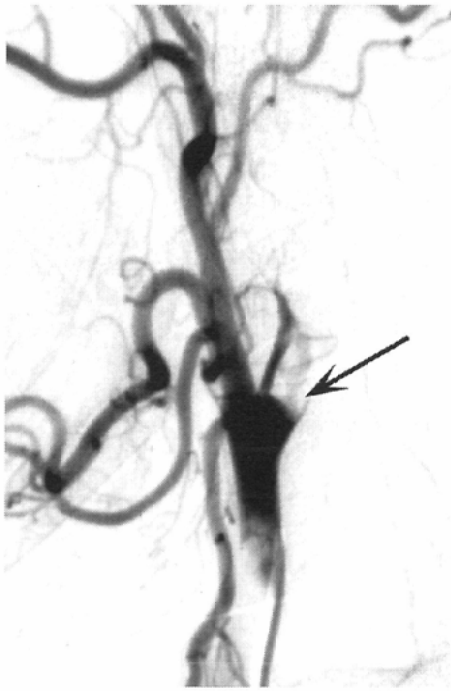


Fig.4 The normal vascular territory of the middle cerebral artery on angiogram. Lateral view in the arterial phase of left internal carotid arteriogram. The anterior portion of the temporal lobe (temporal pole) is supplied by the cortical branch of the middle cerebral artery (temporal polar artery: TPA).



A | B

Fig.5 Watershed infarct.

A: lateral view in the arterial phase of left common carotid arteriogram.

B: plain CT.

Note complete occlusion of the left internal carotid artery at its origin (A: arrow). Plain CT shows a low density area (watershed infarct) in the middle frontal gyrus, resulting from hypoperfusion in the territory of the left internal carotid artery (B: white arrow). The location of this watershed infarct is shifted to the territory of the middle cerebral artery, indicating a shift in the borderline between the territories of the anterior and middle cerebral arteries prior to the attack.

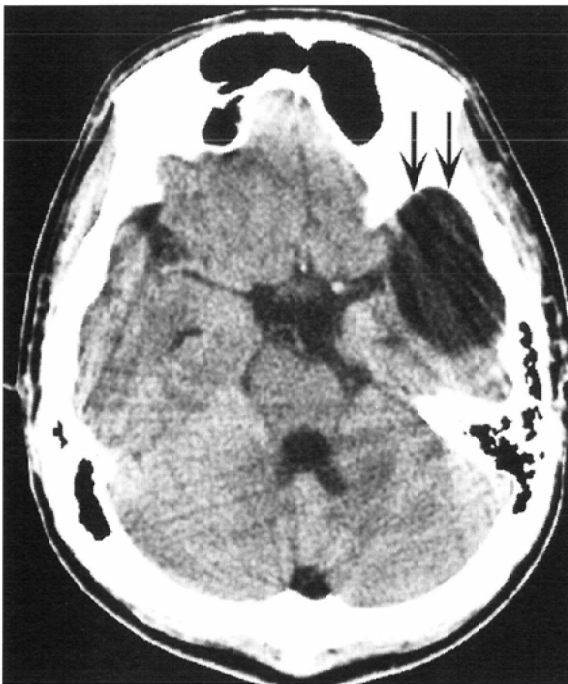


Fig.6 Infarct in the middle cerebral arterial distribution. Plain CT.

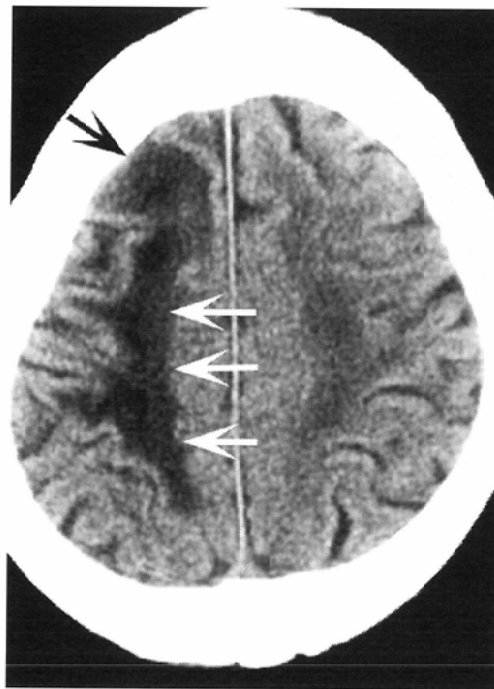
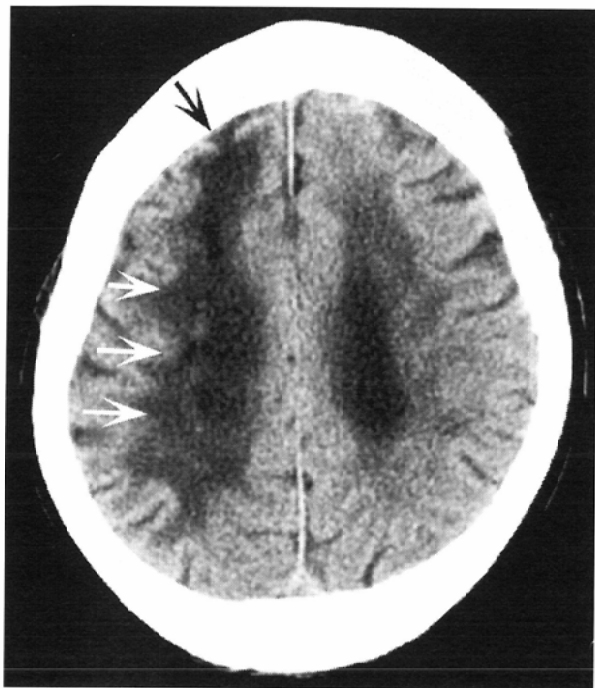
A well-circumscribed low-density area is noted in the anterior portion of the left temporal lobe (arrows). This area is normally supplied by the middle cerebral artery and the normal brain tissue behind the low density area is supplied by the posterior cerebral artery. Therefore, cerebral infarct in the territory of the middle cerebral artery could be easily diagnosed from this image alone.

を、側頭葉では中大脳動脈と後大脳動脈の支配領域の両方を、含むように連続して見られることが多い。従って、これらの血管の境界部位を正確に把握していれば鑑別に迷うことはない。また、側副血行路上、前頭葉には梗塞が生じにくいことも鑑別点となる。このような視点から診断学的アプローチを行う場合に忘れてはいけないのは、先に述べた分水嶺の偏位と言う概念を常に考慮しておくことである。

2. 側副血行路

代表的な側副血行路として、ウィリス動脈輪(circle of

Willis)を介する吻合路, leptomeningeal anastomosis, transdural anastomosisが挙げられる。このうち、ウィリス動脈輪を介する側副血行路が臨機応変で反応速度の早い系であるのに対して、leptomeningeal anastomosis, transdural anastomosisの側副血行路としての反応速度は相対的に遅いと考えられる。実際の狭窄性、閉塞性病変では、虚血性変化に対してこれらの系は複雑に作用することが予測され単独で対応することはまれであるが、ここでは、解りやすいようにそれぞれを別個にとりあげ記載する。



A

B

Fig.7 Watershed infarct. A, B: plain CT. Note the low-density areas from the right superior frontal gyrus to the right middle frontal gyrus (A, B: black arrows) and in the centrum semiovale (A, B: white arrows). This is easily diagnosed as watershed infarct if the radiologist knows the borderline between the territories of the anterior and middle cerebral arteries.

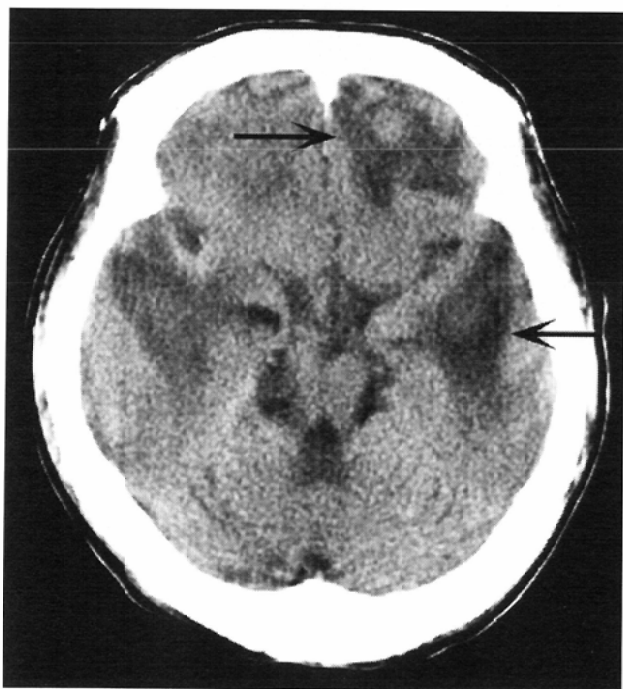


Fig.8 Brain contusion. Plain CT. An ill-defined, inhomogeneous, low-density area is noted in the left frontal and temporal lobes (arrows). It is necessary to differentiate from cerebral infarct because the low-density area includes the cortices. However, cerebral infarct is easily excluded based on the distribution of the lesion. Low-density areas are noted in both the territories of the anterior and middle cerebral arteries. It is rare that cerebral infarct occurs in the bordering two vascular territories.

1) ウィリス動脈輪を介する側副血行路

左右の内頸動脈と脳底動脈との間を連絡する吻合路で、内頸動脈間は両側の前大脳動脈水平部と前交通動脈とで、左右の内頸動脈と脳底動脈との間是一对の後交通動脈と後大脳動脈とで、構成される。例えば、片側の内頸動脈が閉塞した場合には、閉塞した内頸動脈の支配領域は対側内頸動脈から前交通動脈を介する側副血行路で灌流される。脳底動脈が閉塞した場合には両側の内頸動脈から後交通動脈を介しての、前大脳動脈水平部が閉塞した場合には対側の内頸動脈から前交通動脈を介しての血流でそれぞれの支配

領域が灌流される (Fig.9)。中大脳動脈水平部の閉塞では、ウィリス動脈輪は側副血行路とならない。中大脳動脈水平部での閉塞より、内頸動脈での閉塞の方が脳に対する虚血性変化が小さいように、より心臓に近い(近位部)血管の閉塞の方が脳に対する損傷が少ないのは、ウィリス動脈輪を介する側副血行路で説明することができる (Fig.10)。

2) Leptomeningeal Anastomosis (LMA)

相接する皮質動脈間の側副血行路で、一方の血管系に狭窄性または閉塞性病変によって圧低下が生じると、相対的に正常側の血管系の圧が高くなり圧均衡が破綻する。この

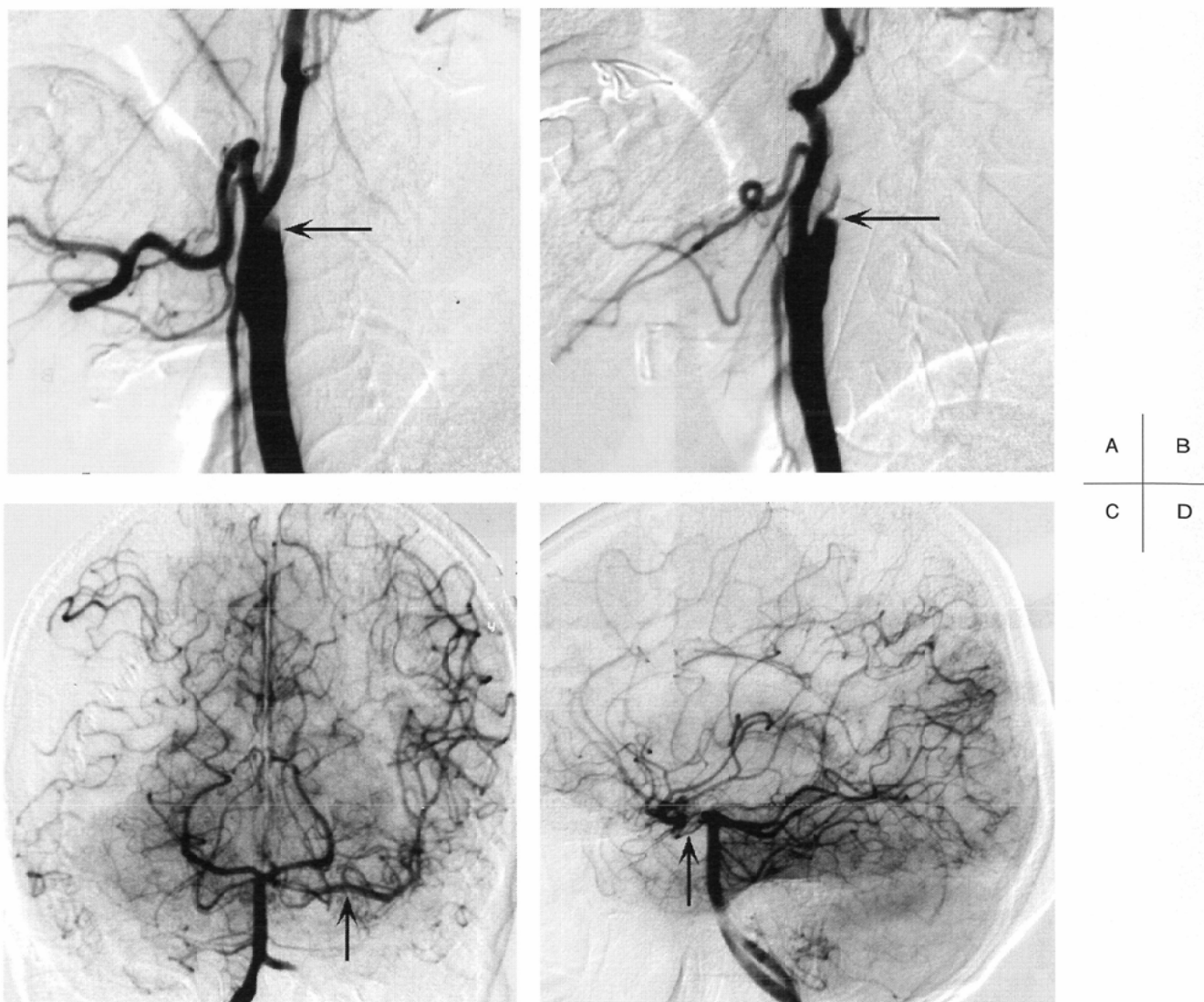


Fig.9 Occlusion of the bilateral internal carotid arteries.

A: lateral view in the arterial phase of right common carotid arteriogram.

B: lateral view in the arterial phase of left common carotid arteriogram.

C: frontal view in the arterial phase of right vertebral arteriogram.

D: lateral view in the arterial phase of right vertebral arteriogram.

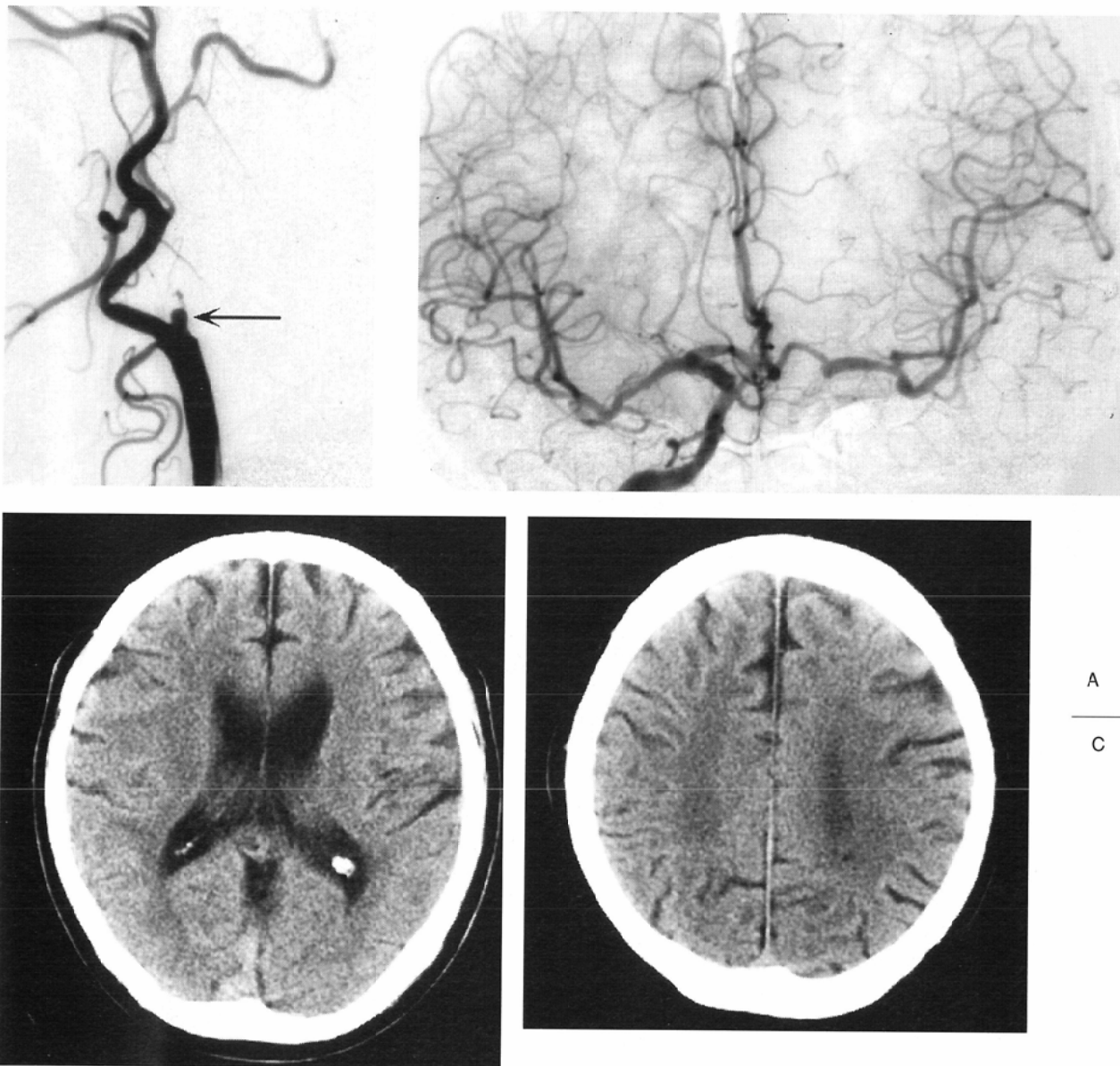
The internal carotid arteries are occluded at the origin (A, B: arrow). The territory of the middle cerebral artery (C: arrow) is supplied by a collateral pathway via the left posterior communicating artery (D: arrow). The territories of the left anterior, right anterior, and right middle cerebral arteries are supplied by leptomeningeal anastomosis from the left posterior, right posterior, and right anterior temporal (cortical branch of the posterior cerebral artery) arteries.

結果、正常血管系から病変側の血管系への皮質動脈を介する側副血行(LMA)が生じる。この、側副血行路はウィリス動脈輪を形成する吻合血管より小さな皮質動脈を介しての側副血行路であるため、塞栓による血管閉塞のような急激な血流低下に対する反応性は低いが、血栓性閉塞のように徐々に進行する閉塞性病変に対しては側副血行路として十分な役割をはたすことが可能である。例えば、片側の中大脳動脈水平部が閉塞しているにも関わらず、病変側の中大脳動脈支配領域に梗塞巣が見られない場合には、LMAによって十分な血流が保持されているためと考えることが出来る(Fig.11)。また、その閉塞性病変が突然生じたものではなく、徐々に血管内腔が狭小化し閉塞する血栓形成性の血管閉塞であると判断することも出来る。別の言葉で言うと、

血管が閉塞する時期に強い病変側への両血管系の境界部位(分水嶺)の偏位が生じていた、と言うこともできる。

3) Transdural Anastomosis (TDA)

硬膜動脈を介する皮質動脈への側副血行路で、一般的には主要動脈特に内頸動脈閉塞の場合に良く見られる。LMAと同様に急激な反応系ではないので、発達したTDAが見られれば、原因となった主要血管の閉塞は主たる原因が血栓性閉塞であると予測することが可能である。頭蓋外血管系と頭蓋内血管系との側副血行路としてはTDA以外に筋肉枝(trans-muscular anastomosis - TMA)を介する側副血行路が見られる。この側副血行路が良く見られるのは椎骨動脈(近位部)が閉塞したときで、遠位部の椎骨動脈は同側の外頸動脈の筋肉枝と椎骨動脈の筋肉枝を介して血流が保たれる。



A	B
C	D

Fig.10 Occluded left internal carotid artery.

A: lateral view in the arterial phase of left common carotid arteriogram.
 B: frontal view in the arterial phase of right internal carotid arteriogram.
 C, D: plain CT.

Note complete occlusion of the left internal carotid artery (A: arrow). The left anterior and middle cerebral arteries are opacified from the right internal carotid artery by a collateral pathway via the anterior communicating artery (B). No infarcts are noted in the left cerebral hemisphere (C, D).

いずれにしても、頭蓋外血管系と頭蓋内血管系との側副血行路の場合には、吻合路のひとつひとつを正確に硬膜枝であるか筋肉枝であるかを同定するのは極めて困難であり、実際はTDA, TMAの両者が側副血行路となっている場合が大部分であると予測される。従って、厳密にはTDA, TMAという言葉ではなくて、外頸動脈内頸動脈間側副血行路 (external carotid-internal carotid anastomosis), 外頸動脈椎骨脳底動脈間側副血行路 (external carotid-vertebrobasilar anastomosis) と表現するのが正しいと考える (Fig.12).

3. 脳虚血性疾患におけるCTの役割

臨床的に急性期脳血管障害いわゆる脳卒中が疑われる場合に、CTに求められる第一の役割は、出血性病変であるの

か虚血性病変であるのかを鑑別することである。すなわち、出血を示唆する高吸収域の有無が重要となる。高吸収域があれば、脳実質内出血か出血性梗塞かの内いずれかと判断でき、次に病変の部位、出血の形態、などの画像所見から両者の鑑別をすることになる。一般的に、脳実質内出血における出血が血腫 (大きな血液の塊) であるのに対して、出血性梗塞における出血は血液脳関門の破綻による小さな出血 (点状出血) の集合体と考えることが出来る。従って、CT上は前者の出血の境界が明瞭であるのに対して、後者では境界不明瞭な出血として描出される。また、血管支配領域に対する病変の分布範囲から鑑別し得る場合もある。CTで低吸収域が見られた場合には虚血性病変と診断で

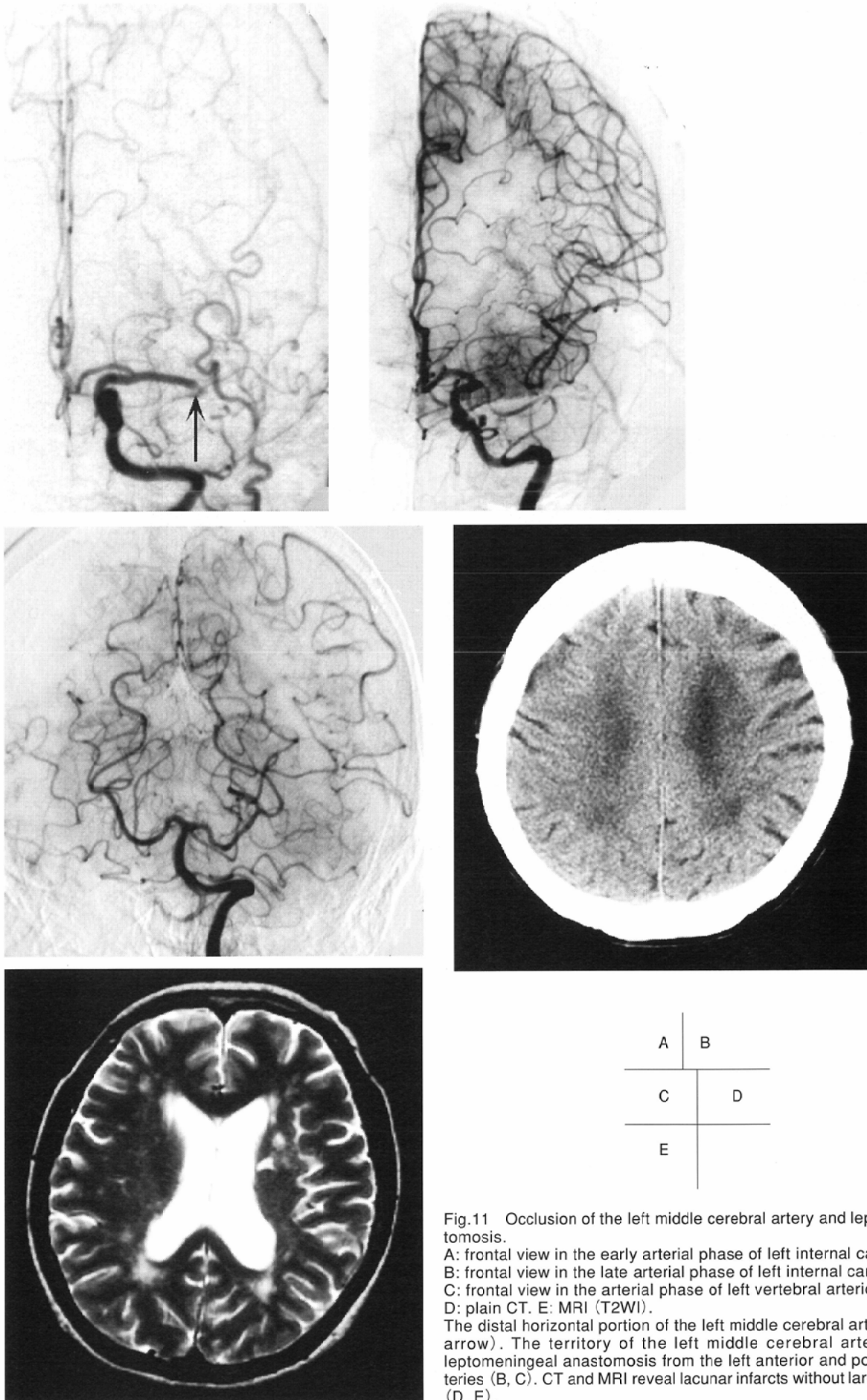


Fig.11 Occlusion of the left middle cerebral artery and leptomeningeal anastomosis.

A: frontal view in the early arterial phase of left internal carotid arteriogram.

B: frontal view in the late arterial phase of left internal carotid arteriogram.

C: frontal view in the arterial phase of left vertebral arteriogram.

D: plain CT. E: MRI (T2WI).

The distal horizontal portion of the left middle cerebral artery is occluded (A: arrow). The territory of the left middle cerebral artery is supplied by leptomeningeal anastomosis from the left anterior and posterior cerebral arteries (B, C). CT and MRI reveal lacunar infarcts without large distinct infarction (D, E).

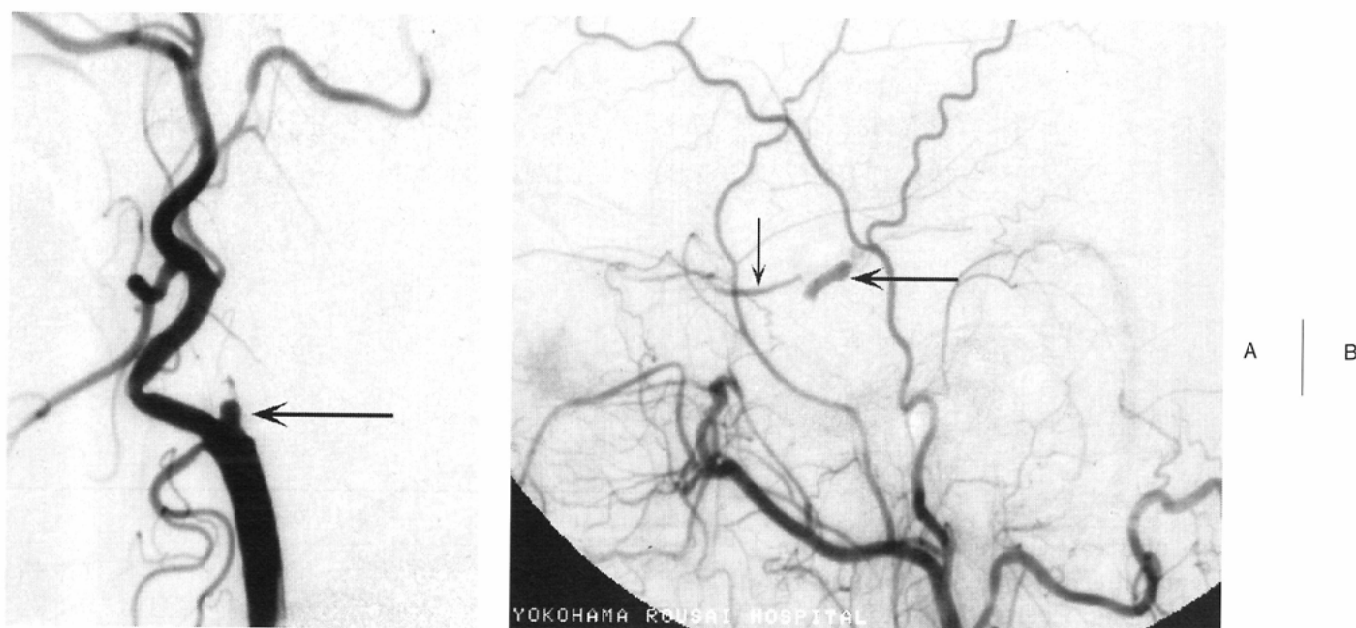


Fig.12 Occluded internal carotid artery and external-internal carotid anastomosis.

A: lateral view in the arterial phase of left internal carotid arteriogram.

B: lateral view in the arterial phase of left external carotid arteriogram.

The left internal carotid artery is occluded at its origin (A: arrow). The distal portion of the left internal carotid artery (supraclinoid portion; B: large arrow) is opacified by external-internal carotid anastomosis via the ophthalmic artery (B: small arrow).

きるが、この場合でも臨床的に発症が急激でCT上低吸収域を示す炎症性疾患などの他の疾患との鑑別が必要となってくる。これらの低吸収域を示す病変との鑑別点としては、血管支配領域と病変分布領域との関係が重要となる。高吸収域も低吸収域もない場合には、虚血性病変の可能性が高くなる。問題は、病態がTIA(一過性虚血発作)のような可逆性の変化であるのか、非可逆性の変化(脳梗塞)を来し得るのか、の判断である。このような場合には、一回のCTで予測するのは不可能であるので、CTで経過をみるか、他のモダリティ(PET, SPECT, 血管撮影など)を施行することが出来れば、これらの所見と併せて総合的に判断することになる。

放射線科診断医にとっては、まず正確な質的診断を行うことが大事であることは言うまでもない。一方、診断行為は最終的に疾患の治療を目的として存在するという原点に帰ると、得られた画像所見から治療にむすびつく情報を得ることも放射線科診断医に与えられた重要な役割である。脳虚血性疾患における最初のCTで得られる画像所見の中で治療に深く関わってくる所見は低吸収域の有無である。低吸収域があれば、すでに非可逆性の変化が生じていると判断されるので、積極的な治療は行わず保存的療法を選択する。もし、最初のCTで明かな異常所見がなければ、当然、可逆性の虚血性病変の可能性や治療を行うことで非可逆性

病変になることを阻止する可能性を否定することはできないので、SPECT, PET, 血管撮影などの他の検査を付け加え総合的に判断し、治療の適応、治療法を選択することになる。治療法に関しても、画像所見から血栓溶解術を含めたIVRが最適なのか、バイパス術、内膜剥離術などの脳神経外科的治療が良いのか、と言う判断を決定する情報を放射線科医が与えることが可能となるので、我々は日常心がけてより積極的な診断行為を行うよう努力する必要がある。

さいごに

頭部CTを読影する際に、もっとも頻度の高い疾患は脳梗塞を含めた脳血管障害である。普段の日常診療で報告書を作成する場合には、梗塞の血管支配領域と時期を書いて(例えば、中大脳動脈領域の陳旧性脳梗塞、後大脳動脈領域の急性期脳梗塞、など)満足してしまうことが多い。しかし、放射線科診断医も病気を治療するスタッフの一員であるという本来の立場からは、もう少し積極的に治療に参加すべきであると考ええる。そのためには、解剖を含めた他の領域の幅広い知識を学びこれらの知識を画像診断の際に活用すべきである。そのような意味で、ここで述べた正常脳血管の支配領域と側副血行路に関する記述が、日常診療の一環として脳梗塞のCTを読影する場合の一助になれば幸甚である。

文 献

1) 後藤文男, 天野隆弘: 臨床のための神経機能解剖学, 1992, 中外医学社, 東京

2) Davis JL, Jacobs J: Cerebral vasculature: Normal anatomy and pathology. Osborn AG ed: Diagnostic Neuroradiology. 117-153, 1994, Mosby-Year Book, St. Louis