

解剖を中心とした脳神経手術手技

Anatomical and Surgical Note

脳血管の機能解剖*

小宮山雅樹**

Key words cerebral artery, embryology, functional anatomy, primitive artery

No Shinkei Geka 33(3): 213 - 224, 2005

I. はじめに

開頭手術時に局所解剖の知識が重要であると同様に、脳血管内治療を行うには局所脳血管解剖の知識は重要である。脳血管解剖は、血管発生過程での変異や外傷・梗塞・感染などの種々のストレスによって機能的に大きく変化するため、この動的变化を考慮した機能解剖の知識が重要である。個体発生や系統発生の知識は、その理解に大きく役立つ¹⁾。発生学的な背景を考えながら脳血管の機能解剖について解説する。

II. 内頸動脈と椎骨脳底動脈系の原始血管吻合

内頸動脈と椎骨脳底動脈系の間の原始吻合 (carotid-basilar anastomosis) には、primitive trigeminal, otic, hypoglossal, proatlantal artery (type 1, type 2) があり、対応する神経に伴行する。これらは、体長 3 ～ 5 mm の時期に約 1 週間存在し、後交通動脈の発達とともに消退していく。頻度が低いほど早期に消退し、primitive otic artery が一番早期に消退し、primitive trigeminal artery (PTA) は最後に消失する¹⁾。PTA は、0.1 ～ 0.2% の頻度とされ、内頸動脈の C 4/5 部と上小脳動脈と前

下小脳動脈の間の脳底動脈を結ぶ動脈で、海綿静脈洞から三叉神経に沿って走行する。Primitive trigeminal artery variant (PTA variant) は、PTA が直接小脳の pial artery を栄養する場合で、その頻度は 0.18% とされる⁵⁾。Otic artery 以外は、それぞれ diencephalon, rhombencephalon, 脊髄構造と関連のある metameric artery であるが、otic artery は、実際には存在せず過去に報告された症例は低い位置から分岐している PTA とされる。Primitive hypoglossal artery (PHA) は、内頸動脈から起始し、舌下神経に伴行して舌下神経管を通り後頭蓋窩へ入る。同側の椎骨動脈は低形成である。Primitive hypoglossal artery variant (PHA variant) として内頸動脈起始の後下小脳動脈がある。Primitive proatlantal artery (PPA) type 1, type 2 は、それぞれ第 1 segmental artery, 第 2 segmental artery に対応する primitive arteries で、前者は first vertebral space (後頭骨と第 1 頸椎の間) を、後者は second vertebral space (第 1・2 椎体間) を通過し、後頭部で椎骨動脈につながる。Type 1 は内頸動脈から起始し (38%), type 2 は外頸動脈から起始する (57%)。PPA は、大後頭孔を通ることで PHA と鑑別される。Primitive

* Functional Anatomy of the Cerebral Arteries

** 大阪市立総合医療センター脳神経外科 Msaki KOMIYAMA, M.D., Department of Neurosurgery, Osaka City General Hospital (連絡先) 小宮山雅樹=大阪市立総合医療センター脳神経外科 (〒534-0021 大阪市都島区都島本通 2-13-22)

Address reprint requests to: Masaki KOMIYAMA, M.D. Department of Neurosurgery, Osaka City General Hospital, 2-13-22, Miyakojima-Hondori, Miyakojima, Osaka 534-0021, JAPAN

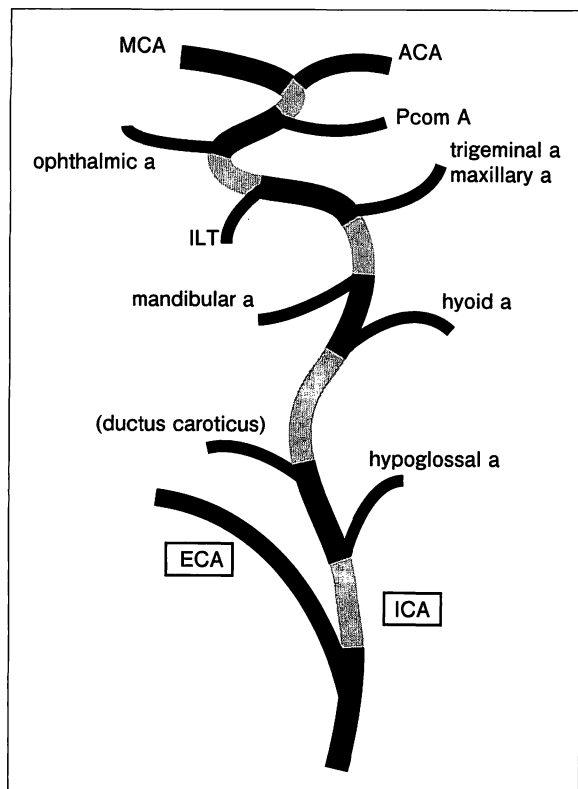


Fig. 1 "Segmental identity" concept of the internal carotid artery. Internal carotid artery is composed of the embryonic "segments", of which boundaries are invisible, but primitive arteries may exist at each level. ACA: anterior cerebral artery, ECA: external carotid artery, ICA: internal carotid artery, ILT: inferolateral trunk, MCA: middle cerebral artery, Pcom A: posterior communicating artery.

proatlantal artery variant (PPA variant) として後頭動脈から分岐する後下小脳動脈がある。PTA の remnant が lateral clival artery, PHA の remnant が ascending pharyngeal artery の hypoglossal branch, PPA の remnant が後頭動脈の一部である。

III. 前方循環

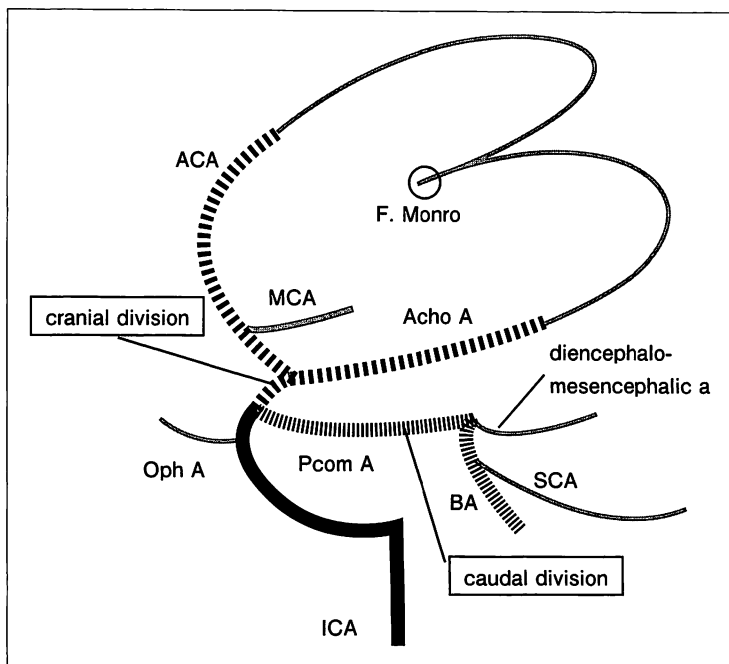
1. 内頸動脈

内頸動脈 (internal carotid artery) は、頸部で総頸動脈から分岐する 1 本の管ではなくいくつかの発生学的に異なる segment の連続から成り立っている (segmental identity) (Fig. 1). 形態学的にこの segment を特定することはできないが、segment と segment の間には、原始動脈が分岐している。頸部内頸動脈分岐部から末梢へ順に、hypoglossal artery の分岐点、ductus caroticus の分岐部 (第 3 大動脈弓と第 4 大動脈弓の間の dorsal aorta), carotico-tympanic artery の分岐部

(第 2 大動脈弓 hyoid arch: hyoid artery の分岐点), mandibular artery の分岐点 (第 1 大動脈弓 mandibular arch の分岐点), inferior hypophyseal artery の分岐部 (maxillary artery の分岐点) と lateral clival artery の分岐部 (trigeminal artery の分岐点), inferolateral trunk の分岐 (dorsal ophthalmic artery の分岐点), 眼動脈の分岐部 (ventral ophthalmic artery の分岐点), 後交通動脈の分岐部である¹⁴⁾。

Maxillary artery は、内頸動脈の C5 から分岐し、反対側の同じ部位と交通をもち、その remnant は、inferior posterior hypophyseal artery である。Mandibular artery は、第 1 大動脈弓 (第 1 鰓弓動脈とも呼ばれる) の dorsal remnant で内頸動脈の petrosal segment から分岐し、破裂孔または頸動脈管に入る。その horizontal branch は翼突管 (pterygoid canal) に入り vidian artery と吻合する。Inferior branch は破裂孔に入り、accessory meningeal artery, pterygoid artery, ascending pharyn-

Fig. 2 Cranial and caudal divisions of the internal carotid artery Embryologically, internal carotid artery has two divisions. Anterior cerebral artery and anterior choroidal artery belong to the cranial division while posterior communicating artery, P1 of posterior cerebral artery, and basilar artery (distal to the trigeminal artery) belong to the caudal one. ACA: anterior cerebral artery, Acho A: anterior choroidal artery, BA: basilar artery, ICA: internal carotid artery, MCA: middle cerebral artery, Oph A: ophthalmic artery, Pcom A: posterior communicating artery, SCA: superior cerebellar artery.



geal arteryなどと吻合する。

頭蓋内の内頸動脈は、発生学的に cranial division と caudal division に分けられ、後交通動脈がその分岐点である (Fig. 2)。Cranial division には、前大脳動脈と前脈絡叢動脈が属し、これらの2血管は、末梢で choroidal arcade をつくり、limbic system を栄養し、foramen of Monro で吻合する。Caudal division には、後交通動脈と後大脳動脈の P1 部、さらに trigeminal artery の分岐より遠位の脳底動脈が属し、新しく形成されていく椎骨脳底動脈系と吻合する。Caudal division にはさらに diencephalic branch, mesencephalic branch, 上小脳動脈が属し、後に posterior choroidal artery も属する。

内頸動脈に agenesis, aplasia, dysplasia, dolico-ectasia, aneurysmal change, steno-occlusive change, regression が起こる場合は、上述の segment 単位で起こることが多い。また varicella zoster 感染後の arteritis (angiopathy), もやもや病における内頸動脈遠位端における狭窄・閉塞性変化^{6,10)}などで特定部分の動脈が主に関与するのは、segment ごとに susceptibility が異なるため

と考えられている (segmental vulnerability)¹⁴⁾。

下等脊椎動物では正常に認められる外頸動脈と内頸動脈の生理的な血管のネットワークである carotid rete (rete mirabile) も maxillary artery の分岐点より遠位の segment で認められる。過去に報告されたヒトの rete の近位部の内頸動脈は、無形性や低形成の場合があり rete 自身は内頸動脈に栄養される場合と外頸動脈 (主に頸動脈) により栄養される場合がある。Rete より末梢の内頸動脈や中大脳動脈・前大脳動脈は正常である。このような segmental identity の概念は、前大脳動脈や中大脳動脈にも当てはまり、例えば A1, M1 の dysplastic change や elongation などこのような変化と考えることできる。もやもや病での内膜の肥厚による動脈狭窄は、内頸動脈の末端や中大脳動脈・前大脳動脈の起始部に起こり、病期が進行すると後大脳動脈の近位部にも病変が進展する。これを脳血管の発生から考えると原始内頸動脈の cranial division にまず狭窄性変化が起こり、その後 caudal division に進展していることがわかる^{6,10)}。

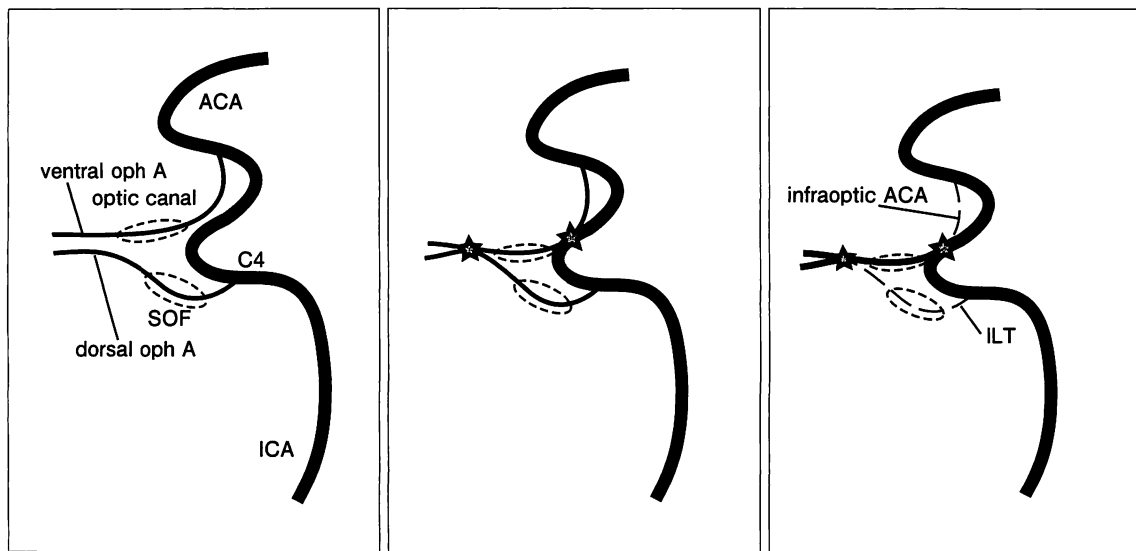


Fig. 3 Embryology of the ophthalmic artery fusion and regression of the ventral and dorsal ophthalmic arteries forms primitive ophthalmic artery. Their remnants are Infraoptic course of anterior cerebral artery and inferolateral trunk, respectively. ACA: anterior cerebral artery, ICA: internal carotid artery, ILT: inferolateral trunk, oph A: ophthalmic artery, SOF: superior orbital fissure.

2. 眼動脈

原始眼動脈 (primitive ophthalmic artery) は、前大脳動脈由来で optic canal を通る ventral ophthalmic artery と内頸動脈の C4 部由来で上眼窩裂を通る dorsal ophthalmic artery から形成され、視神経・網膜など視機能に関する組織を栄養する (Fig. 3). 系統発生学的には下等脊椎動物では、眼球はすべて外頸動脈から栄養され、進化とともに内頸動脈からの血流に依存するようになる。その中間では内頸動脈の枝の internal ophthalmic artery が視神経・網膜などを栄養し、外頸動脈の枝の external ophthalmic artery が筋肉・腱・腺組織を栄養する¹⁷⁾。原始眼動脈は、central retinal artery, temporociliary artery, nasociliary artery の 3 本の枝に分かれる。眼動脈は、3 つの portion に分けられ、1st portion は視機能に関係し、2nd portion は移行部分で、3rd portion は眼球運動や腺機能に関係する。後述の stapodial artery の upper branch の supraorbital artery は、眼窩内で lateral branch (lacrimal artery) と medial branch (ethmoid-nasal artery) の 2 枝に分かれる。原始眼動脈と supraorbital artery の ethmoid-nasal artery は、視神経の周りで吻合し perineural arterial

ring を形成し、これが眼動脈の 2nd portion になる。通常、この arterial ring の内側が消退し、外側が残る。Supraorbital artery の末梢部からなる 3rd portion での塞栓術は、視機能には影響しないが、眼球運動障害が出る可能性はある。Ventral ophthalmic artery の remnant は、infraoptic course をとる前大脳動脈である。Dorsal ophthalmic artery の remnant は、C4 部の inferolateral trunk (ILT) であり、眼動脈と潜在的な吻合をもつ (deep recurrent ophthalmic artery)¹²⁾。また約 8% の症例で、眼動脈は海綿静脈洞部の内頸動脈から分岐する。Inferolateral trunk は、発生学的に第 3, 4, 6 脳神経を栄養する血管である。

3. 前大脳動脈

前大脳動脈 (anterior cerebral artery; ACA) は、発生学的に古い動脈で、medial olfactory artery がその原器であり、時に古い時期の走行をとることがある (olfactory course of ACA). A1 部の fenestration の合併も多く (0.14%), 同部から accessory middle cerebral artery が分岐することもある。発生学的には、左右の ACA (paired ACAs) 以外に、median artery of the corpus callosum

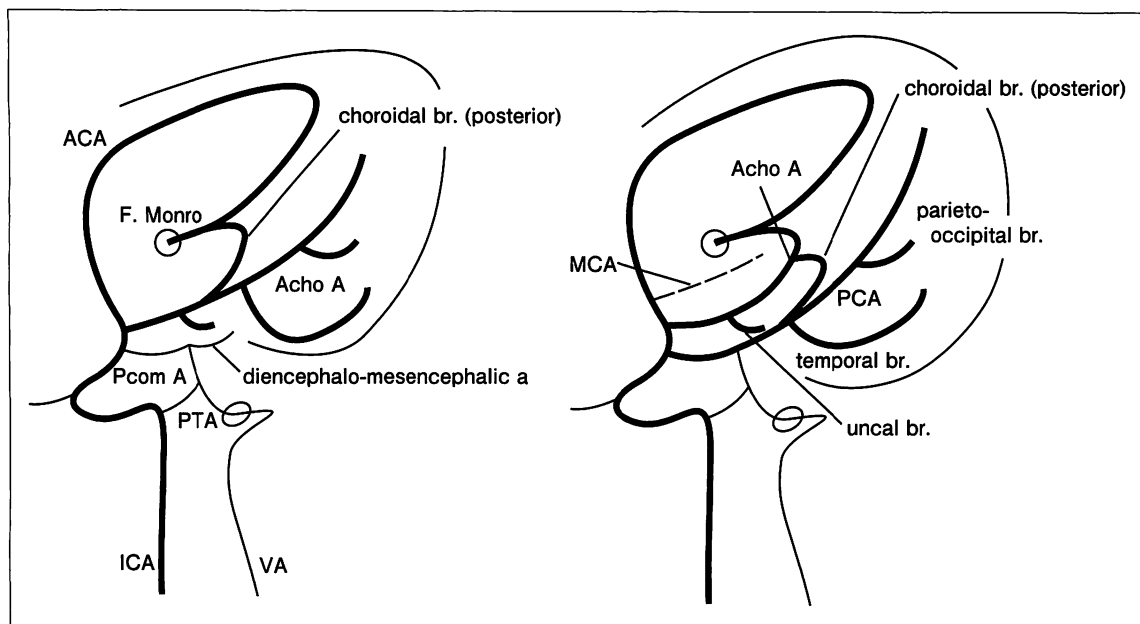


Fig. 4 Distal annexation of the cortical branches of the anterior choroidal artery to the posterior cerebral artery. Cortical branches of anterior choroidal artery are transferred to the posterior cerebral artery in variable degree. ACA: anterior cerebral artery, Acho A: anterior choroidal artery, ICA: internal carotid artery, MCA: middle cerebral artery, Pcom A: posterior communicating artery, PCA: posterior cerebral artery, PTA: primitive trigeminal artery, VA: vertebral artery.

(MACC)が存在する場合があります、その相対的な発達の程度により様々なvariationやanomalyが起こる¹⁾。MACCは、前交通動脈の背側から分岐し、lamina terminalisや視交叉部とその近傍のみを栄養する場合から、corpus callosumの吻側、さら体部やspleniumまで栄養する場合もあり、皮質枝を分岐する場合は、accessory ACAとも呼ばれる。さらに、一側の前大脳動脈が対側の皮質まで栄養する場合は、bihemispheric ACAと呼ぶ。左右の前大脳動脈が全長にわたり融合するとazygos ACAと呼ばれるが(0.3%)、一部でのみ融合するとunpaired ACAと呼ばれる(3~5%)。細いMACCがある場合、MRAやCTAでは、その起始部に動脈瘤が存在するようにみえることがある。逆に前交通動脈瘤の治療時に、このMACCに気づかず閉塞すると、意識障害や記憶力障害などが起こる。

ACAの近位部のanomalyに、(a) orbitofrontal arteryやfrontopolar arteryが内頸動脈から直接分岐し、視神経の上または下を走行する場合(こ

れも accessory ACAと呼ぶ場合がある)、(b) 内頸動脈とACAが視神経の下を走行する血管で吻合し(carotid-ACA anastomosis)かつ、この血管とは別に通常のACAが存在する場合、(c) ACAが視神経の下を走行する場合がある(infraoptic course of ACA)。 (c) の場合は、内頸動脈の遠位端は低い位置になる。(b)、(c) は、発生学的に前大脳動脈から分岐し、視神経に沿って眼窩に入るprimitive ventral ophthalmic arteryのACA側が遺残したためと考えられる。Infraoptic course of ACAの場合、内頸動脈からの起始は眼動脈の近傍であり、稀に共通幹を形成する。視神経の下を走行するが、その血管は終始硬膜内に存在する。

4. 前脈絡叢動脈

前脈絡叢動脈(anterior choroidal artery)は、発生学的に内頸動脈のcranial divisionの分枝の古い血管で、本来は脳室系が形成された時にprosencephalonに酸素・栄養を供給するために発達する。発生当初は、広い範囲の大脳皮質を栄

養するが、その大半は、後大脳動脈の P2 以降の部分に移行し (distal annexation), 最終的に (a) telencephalic branch, (b) diencephalic branch, (c) choroidal branch になるが、症例ごとに栄養される範囲はまちまちである⁹⁾ (Fig. 4)。そのため、前脈絡叢動脈の損傷は、まったく無症状の場合から、前脈絡叢動脈症候群 (Abbie syndrome) を呈するまでとばらつきがある。前脈絡叢動脈は、後に発達する後脈絡叢動脈 (posterior choroidal artery) と脳室内で吻合し、後脈絡叢動脈の choroidal branch は、lateral posterior choroidal artery になる。後脈絡叢動脈の cortical branch は、前脈絡叢動脈の cortical branch の transfer を受け、後大脳動脈の P2-4 になる。後脈絡叢動脈の diencephalic branch の choroidal branch は、medial posterior choroidal artery になる。前脈絡叢動脈を介した塞栓術は、plexal point を越え脳室に入ってから、cortical supply はないため安全に行うことが可能である。前脈絡叢動脈は、中大脳動脈よりも古い血管であるため、中大脳動脈から分岐することはないが、後交通動脈から分岐する場合や前脈絡叢動脈と後交通動脈が共通管から分岐する場合はある。

5. 中大脳動脈

中大脳動脈 (middle cerebral artery ; MCA) は、Heubner artery と同様に lateral striate artery から発生し、前大脳動脈よりも発生学的に新しい動脈であり、前大脳動脈の分枝と考えられる。その前頭葉への第 1 分枝である orbitofrontal artery や側頭葉への第 1 分枝である anterior temporal artery が、中大脳動脈から分岐せずに内頸動脈から直接分岐する variation の場合には、それぞれ副中大脳動脈 (accessory MCA) や重複中大脳動脈 (duplicated MCA) と呼ばれる^{4,16)}。Accessory MCA は 0.2 ~ 2.9% の頻度で認められ、A1 部の proximal origin の場合と distal origin (前交通動脈近傍) の場合があり、duplicated MCA は 0.3 ~ 4.0% の頻度で認められる。内頸動脈末端部に塞栓症が起こった場合に、accessory MCA は、MCA 領域への側副血行路になる⁹⁾。また、duplicated MCA に塞栓症が起こり局所線溶療法を行う時に、ガイド

ワイヤーを閉塞した 1 本の MCA へ導入した場合に、他方の MCA が再開通していると、内頸動脈を穿孔しているようにみえることがあるので注意が必要である。

IV. 後方循環

1. 椎骨動脈

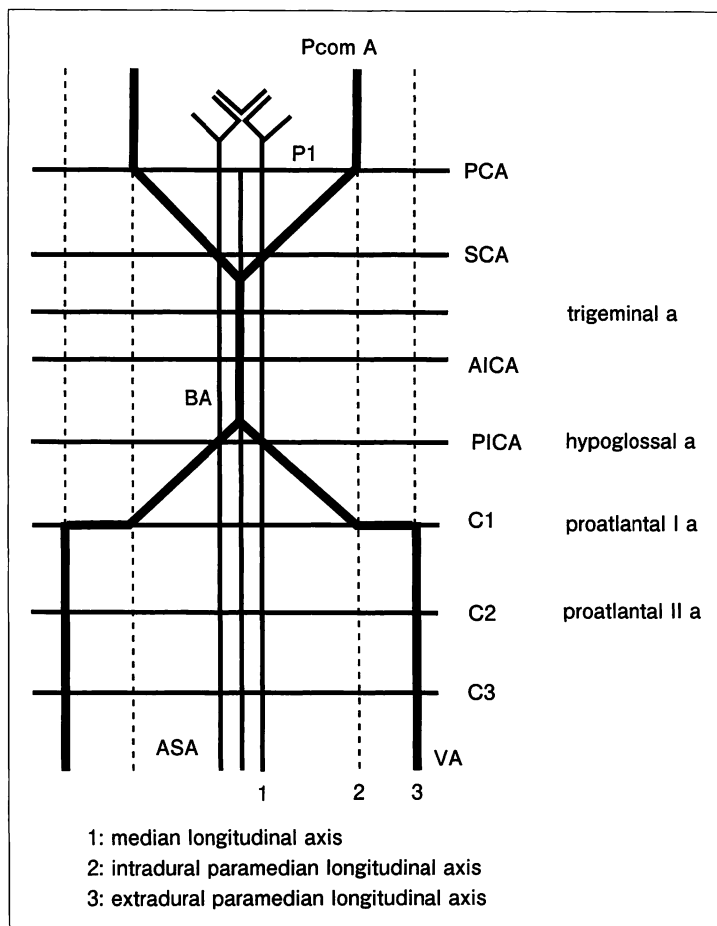
椎骨動脈 (vertebral artery) は、体節方向へ走行する segmental artery が、体軸方向に吻合して形成される extradural paramedian longitudinal axis であり、体節ごとに発生原器の異なる血管で、発生学的に内頸動脈よりも新しい動脈である。Proatlantal artery type 1, type 2 は第 1, 第 2 cervical segmental artery に対応し、上から 6 本の segmental artery は退縮し、通常 7 番目の segmental artery が鎖骨下動脈になるため、椎骨動脈は第 6 椎体の横突孔に入る。したがって、鎖骨下動脈起始の椎骨動脈は一般に C6 の横突孔に、大動脈起始の左椎骨動脈は通常 C5 の横突孔に、また頻度は下がるが C4, C3 の横突孔に入る。これら椎骨動脈の起始の anomaly は、segmental artery の遺残のため起こる。大動脈起始の椎骨動脈の頻度は、2.4 ~ 5.8% である。大動脈起始の椎骨動脈の臨床的な意義はあまりないが、鎖骨下動脈起始の椎骨動脈に比べ動脈解離が多いとされる⁹⁾。

椎骨動脈は、各椎間レベルで segmental artery との吻合があり側副血行路になり得る。上行頸動脈と深頸動脈は、椎骨動脈の通る横突孔の腹側・背側にある longitudinal vascular axis である。これらの 2 動脈と椎骨動脈は、各椎間レベルで吻合可能である。両側の C3 からは odontoid arch を形成する odontoid artery が分岐し、硬膜外を走行し上行咽頭動脈を吻合する。上位頸椎レベルで、椎骨動脈が fenestration を形成することがある。通常の椎骨動脈の走行路で duplication がある場合と⁷⁾、1 本は通常の椎骨動脈の走行をし、もう 1 本が硬膜内を走行する場合がある。後者の場合、硬膜内の動脈は intradural paramedian longitudinal axis であり、lateral spinal artery の場合が多い。

2. 脳底動脈

脳幹部の腹側で、一对の ventral longitudinal

Fig. 5 Longitudinal vascular axes of the vertebro-basilar system. Fusion of the median longitudinal axes forms basilar artery and anterior spinal artery. Intradural paramedian longitudinal axis remains as a lateral spinal artery in the high cervical region. AICA: anterior inferior cerebellar artery, ASA: anterior spinal artery, BA: basilar artery, PCA: posterior cerebral artery, Pcom A: posterior communicating artery, PICA: posterior inferior cerebellar artery, SCA: superior cerebellar artery, VA: vertebral artery.



artery (median longitudinal axis) が, craniocaudal の方向へ融合し 1 本の脳底動脈 (basilar artery) になる¹⁵⁾ (Fig. 5). 脳底動脈内の血流は, 初めは頭尾方向 (centrifugal) であるが, 椎骨動脈と脳底動脈が吻合すると尾頭方向 (centripetal) に逆転する (flow reversal). これによりさらに diencephalo-mesencephalic arteries が発達することとなる. 脳底動脈に融合不全が起ると, duplication や fenestration を形成し, その頻度は 0.064 ~ 0.6% で lower basilar artery に多く, 長さは 5mm 以下であることが多い. この正中の動脈構造は, 脊髓まで連続し前脊髓動脈となり, conus medullaris で arterial basket をつくり終わる.

Basilar tip の形状は, ventral longitudinal artery の吻合の程度により, 上小脳動脈が脳底動脈から

分岐する場合 (cranial fusion type) と後大脳動脈から分岐する場合 (caudal fusion type) に分けられ, それぞれに左右が対称の場合 (symmetric cranial fusion type と symmetric caudal fusion type) と非対称 (asymmetric fusion type) の場合があり, 左右対称の場合には, 穿通枝の分枝も対称で同側を栄養することが多いが, 非対称の場合には cranial fusion type の P1 から穿通枝が分枝し, 両側を栄養することが多いとされている²⁾ (Fig. 6). また, 両側の P1 から分枝した穿通枝がループを描き末梢で吻合する場合もあり, artery of Percheron と呼ばれる. この部位での動脈瘤の多くは, asymmetric type の caudal P1 にできるが, symmetric type でも caudal fusion type にできることが多い. 脳底頂動脈瘤の塞栓術で上小脳動脈

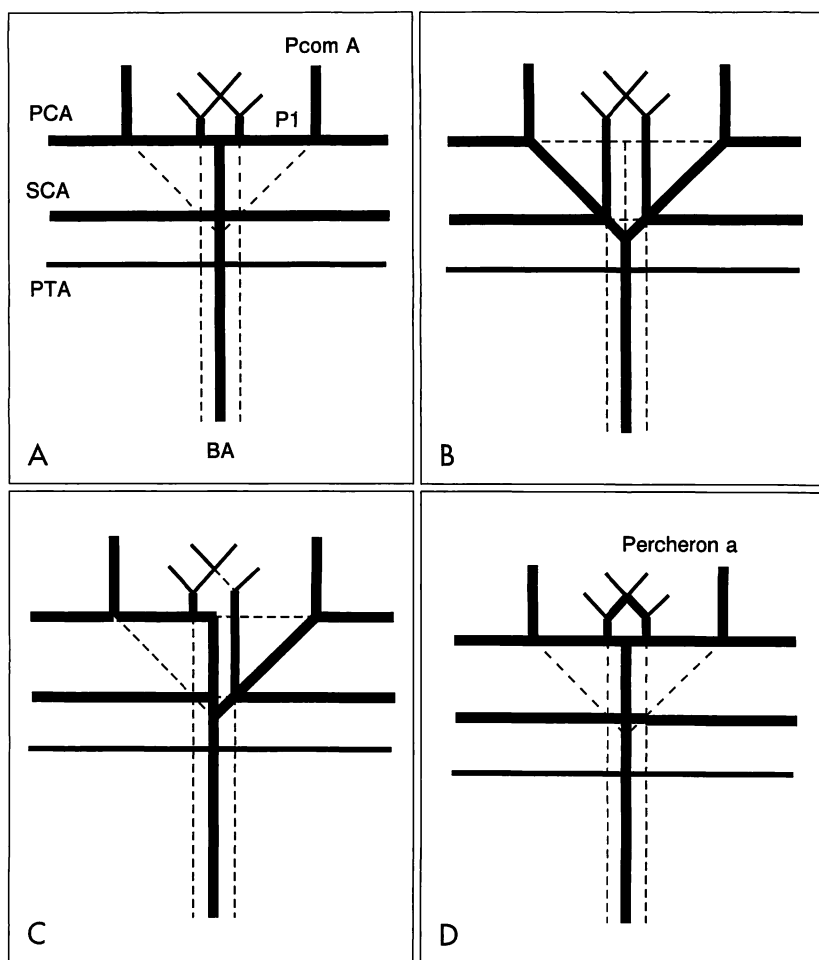


Fig. 6 Anatomy of the basilar bifurcation. Variable degree of the fusion of the median longitudinal axes provide several anatomical patterns of the basilar bifurcation; A: symmetric cranial fusion pattern, B: symmetric caudal fusion pattern, C: asymmetric fusion pattern, D: artery of Percheron. BA: basilar artery, PCA: posterior cerebral artery, Pcom A: posterior communicating artery, PTA: primitive trigeminal artery, SCA: superior cerebellar artery.

領域に梗塞ができる症例は，上小脳動脈が後大脳動脈から分岐している場合が多い。

3. 小脳動脈

上小脳動脈（superior cerebellar artery）は，発生学的には内頸動脈の caudal division に属し，必ず存在する動脈である。上小脳動脈の支配領域は mesencephalo-tectal, vermian, hemispheric に大きく分けられ，vermian branch は両側支配の場合もある。上小脳動脈の duplication は，lateral branch と medial branch が別々に脳底動脈から起始した

場合である。テント切痕に沿って走行するが，硬膜動静脈瘻がある時などに，大きな硬膜枝を分岐することがある。上小脳動脈と異なり前下小脳動脈（anterior inferior cerebellar artery；AICA）と後下小脳動脈（posterior inferior cerebellar artery；PICA）は，内頸動脈の caudal division には属さない pial artery である。AICA は，internal auditory artery を分岐する labyrinthine system であり，その脳底動脈からの分岐は lower third, mid-third, near VA union と一定しない。AICA は，cerebello-choroidal region に向かう caudomedial

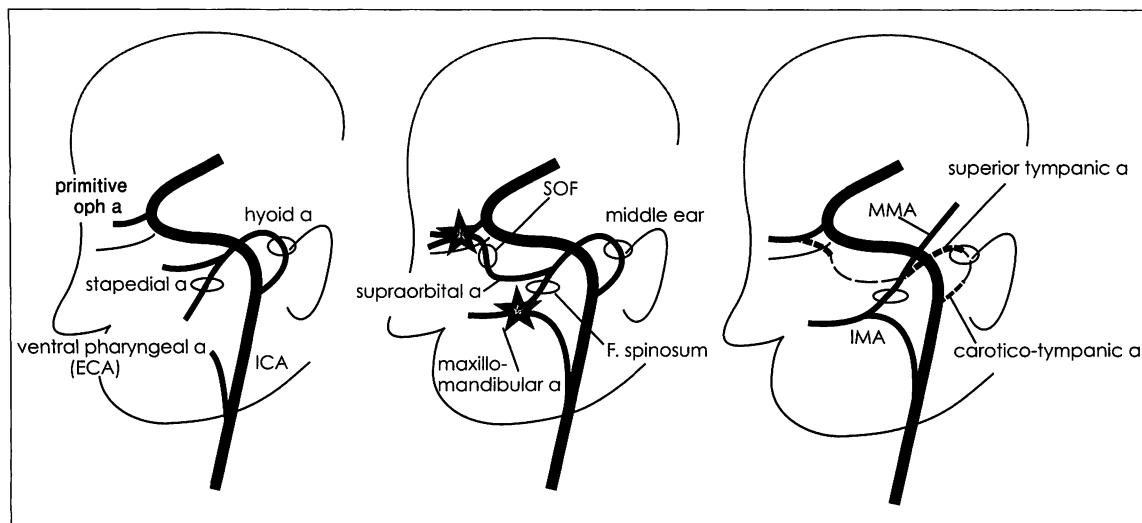


Fig. 7 Embryology of the stapediale arterial system. Stapediale artery stems from the hyoid arch (the second aortic arch). It divides into two branches; supraorbital artery and maxillo-mandibular artery, the latter of which becomes middle meningeal artery. ECA: external carotid artery, ICA: internal carotid artery, IMA: internal maxillary artery, MMA: middle meningeal artery, oph a: ophthalmic artery, SOF: superior orbital fissure.

branch と CP angle に向かう rostralateral branch に分けられる。第4脳室の lateral recess の choroidal plexus への choroidal branch も出す。PICA は、57% の症例が foramen magnum より上で、4% が同部で、18% がそれ以下で起始する。Intradural paramedian longitudinal vascular axis を利用した椎骨動脈の C1 起始の PICA、C2 起始の PICA や proatlanto-cerebellar anastomosis を利用した後頭動脈起始の PICA などがある。

4. 後大脳動脈

後大脳動脈 (posterior cerebral artery) の P1 部と P2-4 部の発生母地は異なる。発生初期は小さな diencephalo-mesencephalic artery である後大脳動脈は、前述のように前脈絡叢動脈の cortical branch の distal annexation を受け、後大脳動脈を形成する (Fig. 4)。発生学的に真の後大脳動脈は P2 以降である。P1 部と脳底動脈の遠位部は原始内頸動脈の caudal division であり、P2-4 部は前脈絡叢動脈の皮質枝 (原始内頸動脈の cranial division の一部ということになる) が発生 of the 過程で caudal division に移行する。この移行があまり起こらなかった場合には、前脈絡叢動脈が移行

の程度に合わせて脳皮質を栄養することになる。後大脳動脈の動脈瘤の治療時に、親血管閉塞が必要な場合にも虚血が起こりにくいのは、この発生学的背景がある。前脈絡叢動脈が広い範囲の皮質動脈を栄養する場合に hypertrophied anterior choroidal artery と呼ばれることもあるが、発生学的には persistent primitive anterior choroidal artery と呼ぶほうが正しい。この場合、後大脳動脈が2本あるようにもみえるため、double posterior cerebral arteries と報告された症例があるが、1本は後大脳動脈ではなく前脈絡叢動脈であり間違いである。テント切痕で硬膜枝を分岐することがあり、artery of Davidoff and Schechter と呼ばれる。

V. 外頸動脈系

1. 中硬膜動脈

発生初期に、第2大動脈弓 (hyoid arch) から hyoid artery が分離し、その初期の動脈がアブミ骨動脈 (stapedial artery) であり、眼球以外の眼窩、硬膜、上顎・下顎を栄養する (Fig. 7)。Stapedial artery は、upper branch と lower branch に分かれ、前者は三叉神経第1枝に伴行する supraorbital ar-

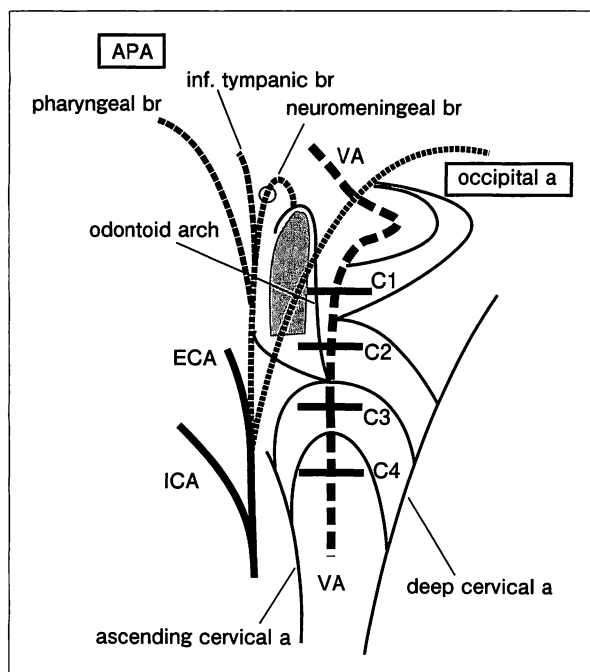


Fig. 8 Functional anatomy of the occipito-pharyngeal and upper cervical arterial system. Occipito-pharyngeal and upper cervical arterial systems are in hemodynamic balance with vertebro-basilar system. APA: ascending pharyngeal artery, ECA: external carotid artery, ICA: internal carotid artery, VA: vertebral artery.

teryに、後者は三叉神経第2, 3枝に伴行する maxillo-mandibular artery になる。この maxillo-mandibular artery と内頸動脈から分岐する maxillary arteryやmandibular arteryは別の動脈である。Stapedial arteryは、最終的に内頸動脈から分離し、外頸動脈と吻合するようになる。この内頸動脈側の remnant が carotico-tympanic artery であり、末梢側の remnant が中硬膜動脈の枝の superior tympanic artery である¹²⁾。Superior tympanic artery は顔面神経を栄養するため(第2大動脈弓には顔面神経が伴行する)、この枝への塞栓術は顔面神経麻痺を起こす場合がある。発生初期には、maxillo-mandibular artery の血流は foramen spinosum を通り頭蓋外に流出するが、後に外頸動脈の枝と吻合するようになると、血流は頭蓋外から頭蓋内に向かうようになる(flow reversal)。これで、中硬膜動脈(middle meningeal artery)が形成される。

Stapedial artery は、stapes 近傍で退縮するが、稀に残存することがあり、難聴や拍動性の耳鳴りを呈することがある。この anomaly は aberrant ICA (intratympanic course of ICA) を合併する場合

合とそうでない場合がある。Aberrant ICA は頸動脈管の無形成または低形成を伴い、上行咽頭動脈の inferior tympanic artery が内頸動脈の代わりを果たしており、太い inferior tympanic artery から太い carotico-tympanic artery に移行し、末梢の内頸動脈につながる¹³⁾。この場合、aberrant ICA から superior tympanic artery、さらに中硬膜動脈が分岐する。Aberrant ICA を合併しない場合、頸動脈管内の内頸動脈から carotico-tympanic artery が中耳に入り、stapes の間を通り顔面神経管に入り、顔面神経にしばらく伴行し、さらに中頭蓋窩に入り superior tympanic artery または superficial petrosal artery さらに中硬膜動脈になる。これら stapedial artery が遺残する場合には foramen spinosum は形成されない¹²⁾。

2. 上行咽頭動脈

上行咽頭動脈(ascending pharyngeal artery)は、多くの場合、外頸動脈の近位部の後壁から起始するが、後頭動脈の近位部や稀に内頸動脈の近位部や上行頸動脈から起始する。上行咽頭動脈は、pharyngeal branch, neuromeningeal branch, in-

ferior tympanic branch の 3 枝がある (Fig. 8). これらは、常に共通幹から分岐するとは限らず、pharyngeal branch が内頸動脈から分岐する場合や neuromeningeal branch が後頭動脈から分岐することもある。Pharyngeal branch には、superior, middle, inferior branch があり咽頭を栄養し、sphenopalatine artery 系との吻合に富み、superior branch の carotid branch は、foramen lacerum を通り頭蓋内に入り ILT や C5 の ICA branch と吻合する。Neuromeningeal branch には、さらに jugular foramen を通り頭蓋内に入る jugular branch と hypoglossal canal を通り頭蓋内に入る hypoglossal branch がある。Hypoglossal branch は、中硬膜動脈や後頭動脈の硬膜枝と吻合する。この hypoglossal branch は、primitive hypoglossal artery と発生学的に同一である。Hypoglossal branch の descending branch は、C3 odontoid arterial arcade と吻合し、ascending branch は内頸動脈の medial clival artery と吻合する。Odontoid arcade は C3 level の椎骨動脈から分岐し、dens を取り囲み、反対側の同じ枝と吻合する。この arcade は、第 1, 2, 3 頸神経根を栄養する。Jugular branch は、内頸動脈の lateral clival artery と吻合し、第 9, 10, 11 脳神経を栄養する。Inferior tympanic branch は、舌咽神経の鼓室枝に伴行し、Jacobson's canal を通り鼓室へ入る。

3. 後頭動脈

後頭動脈 (occipital artery) の形成は、発生学的に proatlantal artery の remnant を利用するため、C1, C2 レベルで後頭動脈と椎骨動脈との吻合があることは理解しやすい。後頭動脈の水平部から分岐し、foramen of the emissary vein を通り頭蓋内に入る mastoid branch は、中硬膜動脈の parietal branch と吻合をもつ。Stylomastoid artery は、後頭動脈や posterior auricular artery から分岐して、stylomastoid foramen に入り、中硬膜動脈や副硬膜動脈の petrosal branch と吻合し、側頭骨部の顔面神経を栄養する。

頭蓋底外科のパイオニアであり、海綿静脈洞の発生・解剖の熱心な研究者でもあった大阪市立大学脳神経外科名誉教授 白馬 明先生が、2004 年 11 月に逝去されました。ご冥福をお祈りするとともに、この論文を捧げたいと思います。

文 献

- 1) Baptista AG : Studies on the arteries of the brain. II. The anterior cerebral artery : some anatomic features and their clinical implications. *Neurology* **13** : 825-835, 1963
- 2) Campos C, Churojana A, Rodesch G, Alvarez H, Lasjaunias P : Basilar tip aneurysms and basilar tip anatomy. *Intervent Neuroradiol* **4** : 121-125, 1998
- 3) Komiyama M, Nishikawa M, Yasui T : The accessory middle cerebral artery as a collateral blood supply. *AJNR Am J Neuroradiol* **18** : 587-590, 1997
- 4) Komiyama M, Nakajima H, Nishikawa M, Yasui T : Middle cerebral artery variations : duplicated and accessory arteries. *AJNR Am J Neuroradiol* **19** : 45-49, 1998
- 5) Komiyama M, Kitano S, Sakamoto H, Shiomi M : An additional variant of the persistent primitive trigeminal artery : accessory meningeal artery - antero-superior cerebellar artery anastomosis associated with moyamoya disease. *Acta Neurochir (Wien)* **140** : 1037-1042, 1998
- 6) Komiyama M, Nakajima H, Nishikawa M, Yasui T, Kitano S, Sakamoto H, Fu Y : High incidence of persistent primitive arteries in moyamoya and quasi-moyamoya diseases. *Neurol Med Chir (Tokyo)* **39** : 416-422, 1999
- 7) Komiyama M, Nakajima H, Nishikawa M, Yasui T, Kan M : Treatment of a saccular aneurysm at the fenestration of the intracranial vertebral artery with Guglielmi detachable coils. *Acta Neurochir (Wien)* **141** : 1125-1127, 1999
- 8) Komiyama M, Morikawa T, Nakajima H, Nishikawa M, Yasui T : High incidence of arterial dissection associated with left vertebral artery of aortic origin. *Neurol Med Chir (Tokyo)* **41** : 8-12, 2001
- 9) Komiyama M, Morikawa T, Ishiguro T, Matsusaka Y, Yasui T : Anterior choroidal artery variant and acute embolic stroke. Case report. *Intervent Neuroradiol* **8** : 313-316, 2002
- 10) Komiyama M : Moyamoya disease is a progressive occlusive arteriopathy of the primitive internal carotid artery. *Intervent Neuroradiology* **9** : 39-45, 2003
- 11) 小宮山雅樹 : 脳血管内治療に必要な解剖学的知識 : 機能的脳血管解剖. *脳外誌* **13** : 116-125, 2004
- 12) Lasjaunias P, Moret J, Mink J : The anatomy of the inferolateral trunk (ILT) of the internal carotid artery. *Neuroradiology* **13** : 215-220, 1977
- 13) Lasjaunias P, Moret J, Manelfe C, Theron J, Hasso T,

- Seeger J : Arterial anomalies at the base of the skull. *Neuroradiology* **13** : 267-272, 1977
- 14) Lasjaunias PL : Segmental identity and vulnerability in cerebral arteries. *Intervent Neuroradiol* **6** : 113-124, 2000
- 15) Padgett DH : The development of the cranial arteries in the human embryo. *Contrib Embryol* **32** : 205-261, 1948
- 16) Teal JS, Rumbaugh CL, Bergeron RT, Segall HD : Anomalies of the middle cerebral artery : accessory artery, duplication, and early bifurcation. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med* **118** : 567-575, 1973
- 17) Vignaud J, Hasso AN, Lasjaunias P, Clay C : Orbital vascular anatomy and embryology. *Radiology* **111** : 617-626, 1974

ご案内

第 24 回 The Mt. Fuji Workshop on CVD

日 時 2005 年 9 月 3 日

会 場 福岡シーホークホテル&リゾート

主 題 脳卒中のチーム医療—EC-IC バイパスの夜明け—

代表幹事 独立行政法人国立病院機構 九州医療センター脳神経外科 井上 亨

(☎ 810-8650 福岡市中央区知行浜 1-81 TEL : 092-852-0750 ext.2105)

演題募集方法 学会ホームページ <http://square.umin.ac.jp/~mtfuji/> よりオンライン登録のみ受け付けます

(2005 年 4 月 28 日 (木) ~ 6 月 10 日 (金) 正午締切予定)

TEL : 0562-93-9253/FAX : 0562-93-3118/e-mail : jsne2005@fujita-hu.ac.jp

オンライン登録で募集する演題細目は、下記の a から e までの 5 項目とし、発表形態は PC, ビデオ, ポスター (応募演題数による) を計画しています。

- EC-IC バイパスの歴史
- 脳虚血の病態と診断 (3D-CT・MRI・MRA・DSA, PET・SPECT, 超音波診断)
- JET study のすべて (JET study の結果報告とバイパス手術の未来, 手術適応と術者の選択, 高次脳機能は改善するか, サブ解析の結果)
- 脳虚血治療の進歩 : 内科的治療 (発症予防・再発予防・リハビリ), 外科的治療 (合併症ゼロをめざした手術手技の工夫), 血管内治療 (頭蓋内狭窄症の治療), 複合治療 (多発病変・tandem lesion への挑戦)
- 脳卒中専門医時代のチーム医療 : チーム医療のめざすもの, 脳卒中の連携クリニカルパス, 多職種で取り組むチーム医療 (放射線技師・臨床検査技師), 脳卒中専門ナースの育成)

連絡先 ☎ 181-8611 三鷹市新川 6-2-2 杏林大学脳神経外科内

第 24 回 The Mt. Fuji Workshop on CVD 事務局

E-mail : mtfuji-kyr@umin.ac.jp

MEDICAL BOOK INFORMATION

医学書院

脳卒中の運動療法

エビデンスに基づく機能回復トレーニング

Stroke Rehabilitation—Guidelines for Exercise and Training to Optimize Motor Skill

著 Janet H. Carr, Roberta B. Shepherd

訳 潮見泰蔵・齋藤昭彦

●B5 頁264 2004年

定価5,040円(本体4,800円+税5%)

[ISBN4-260-24433-7]

急速な進歩が見られる脳卒中患者の治療やリハビリテーションに関して、最適な機能回復のためのトレーニングを網羅した待望のテキスト。最新の脳科学の知見を踏まえ、科学的な合理性と最近の臨床研究に基づき、効果的な機能的運動パフォーマンスのトレーニングを豊富な図版をもとにわかりやすく解説した書。