

脳血管内治療に必要な解剖学的知識—機能的脳血管解剖

小宮山 雅 樹

Essential Anatomical Knowledge for Neurointervention : Functional Neurovascular Anatomy

by

Masaki Komiyama, M.D.

from

Department of Neurosurgery, Osaka City General Hospital

For safe and effective neurointervention, it is essential to understand the functional neurovascular anatomy of the brain as well as that of the head and neck regions. Embryological knowledge helps to understand such functional anatomy. In this communication, the functional neurovascular anatomy required for neurointervention is described in detail.

(Received June 18, 2003 ; accepted August 11, 2003)

Key words : cerebral artery, embryology, functional anatomy, neurointervention

Jpn J Neurosurg (Tokyo) 13 : 116-125, 2004

はじめに

脳血管内治療を安全かつ有効に行うためには、頭頸部や頭蓋内の血管解剖の理解が重要である。古典的な血管解剖のみならず、血管発生過程での変異 (variation) や種々のストレス (閉塞、狭窄、動静脈瘻、動脈瘤、血流に富む腫瘍など) による血行動態の変化によって動的な変化をする機能的血管解剖 (functional anatomy) の理解も重要であり、それを理解するためには、脳血管の個体・系統発生の理解が役立つ。

大動脈弓 (鰓弓動脈) の発生⁶⁾

発生初期に心臓から連続して前腸の腹側を上行する1本の腹側大動脈 (ventral aorta, truncus arteriosus) と、背側を下行する1対の背側大動脈 (dorsal aortae) が認められる。この腹側・背側大動脈の間に左右6対の大動脈弓 (aortic arch) が順次形成され、一部消退していく。ま

ず第1大動脈弓 (mandibular arch), 第2大動脈弓 (hyoid arch) が形成され、体長4mmのところに、これらは一部消退し、ventral branch (将来の外頸動脈である ventral pharyngeal artery) と dorsal branch (将来の内頸動脈の一部) が残り、次に第3, 4大動脈弓が形成される (Fig. 1)。体長18mmころまでに、第3大動脈弓の背側部 (頸動脈管; ductus caroticus) が両側で消退し、外頸動脈・内頸動脈が総頸動脈につながる。体長40mmのころには、右側の背側大動脈の遠位部は消退し、その近位部 (右第3, 4大動脈弓) は、無名動脈・鎖骨下動脈・総頸動脈になる。左第4大動脈弓は、成人の大動脈弓となり、第5大動脈弓は両側ともすぐに消失し、第6大動脈弓は左右の肺動脈になる。左第6大動脈弓の遠位部が動脈管 (ductus arteriosus) となる。

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 [連絡先: 小宮山雅樹]

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

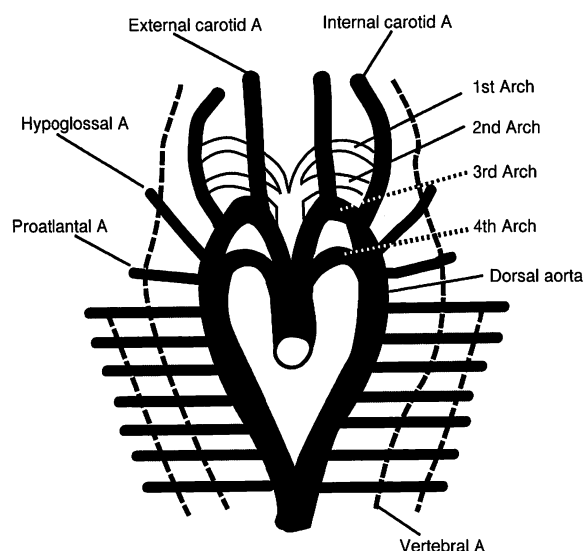


Fig. 1 Ventral aorta and paired dorsal aortae at 4-mm embryonic stage

The 1st and 2nd aortic arches have already disappeared, and the 3rd and 4th aortic arches are well developed.

A : artery

内頸動脈と椎骨脳底動脈系の血管吻合(primitive carotid-basilar anastomoses) (Fig. 2)

体長 3~5 mm の時期に背側大動脈から形成される primitive internal carotid artery (ICA) と、神経管の腹側にある ventral longitudinal artery との間に、血管吻合(segmental arteries)が形成される。頭側から順に trigeminal, otic, hypoglossal, proatlantal arteries が形成され、これらは約 1 週間存在し、後交通動脈 (posterior communicating artery; Pcom A) が発達するとともに消退していく。これら primitive arteries のなかで trigeminal artery が最も大きく、また最後に (体長 14 mm の時期) 消退する⁸⁾¹⁷⁾。

① Primitive trigeminal artery (PTA)

内頸動脈の C4/5 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場合 (lateral type 50%) と sella さらに clivus の硬膜を貫通する場合がある (medial type 50%)。PTA の頻度は 0.1~0.2% とされる¹⁶⁾。medial type と lateral type は発生学的に異なり、medial type からは menin-gohypophyseal trunk が分岐し、lateral type は pons への perforators が分岐する¹⁸⁾。Lasjaunias ら¹²⁾は、PTA の remnant は lateral clival artery であるとしている。

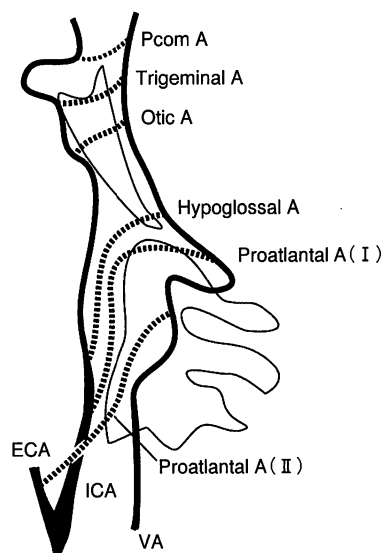


Fig. 2 Carotid-basilar anastomoses

Pcom A : posterior communicating artery

ECA : external carotid artery

ICA : internal carotid artery

VA : vertebral artery

② PTA variant (trigemino-cerebellar anastomosis)

この variation は、PTA と median longitudinal vascular axis の不十分な融合が合併したために起こるとの説明もあるが⁵⁾、intradural paramedian longitudinal vascular axis が、小脳の pial supply をするようになったとも考えられる。その頻度は 0.18% で、小脳の皮質動脈と脳底動脈の間に交通が認められる場合もある。

③ Primitive otic artery

内頸動脈 C5 部から分岐し、内耳道を通り、内頸動脈と脳底動脈を吻合する動脈であるが、現実的には存在しないと考えられている¹²⁾。

④ Primitive hypoglossal artery (PHA)

内頸動脈から起始し、舌下神経に伴行し、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。この PHA の remnant は、ascending pharyngeal artery の neuromeningeal branch の hypoglossal branch である。

⑤ Primitive proatlantal arteries (type I と type II)

1st segmental artery (suboccipital segmental artery) または 2nd segmental artery (1st cervical segmental artery) に対応する primitive arteries で、C2-4 レベルの総頸動脈分岐部、内頸動脈、外頸動脈から起始し、前者は first ver-

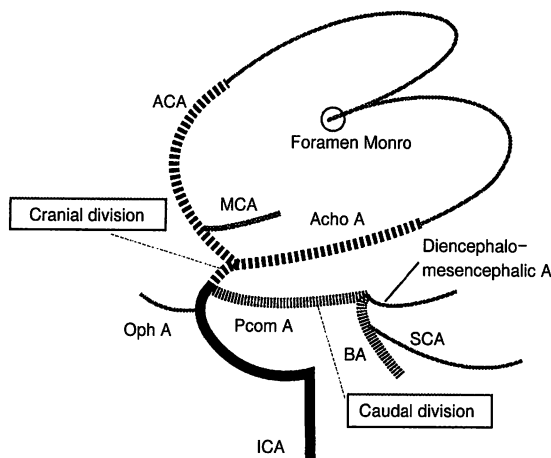


Fig. 3 Intracranial primary internal carotid artery : Cranial and caudal divisions

ACA : anterior cerebral artery
MCA : middle cerebral artery
Acho A : anterior choroidal artery
Oph A : ophthalmic artery
SCA : superior cerebellar artery
BA : basilar artery

tebral space を、後者は second vertebral space を通過し、後頭部で椎骨動脈につながる。内頸動脈起始の 1st segmental artery を type I (38%), 外頸動脈起始の 2nd segmental artery を type II (57%) という。近位の椎骨動脈の低形成を伴うことが多い。proatlantal artery は舌下神経管には入らず、大後頭孔を通ることで PHA と鑑別される。proatlantal artery が低形成であると、椎骨動脈は後下小脳動脈で終わる。proatlantal artery の remnant が椎骨動脈の V3 segment や後頭動脈になる。

内頸動脈系の機能的血管解剖

① 系統発生

魚類、両生類、爬虫類、鳥類、ヒトを系統発生学的にみると、すべて内頸動脈は、cranial division と caudal division に分けられる。魚類では、cranial division は、medial olfactory artery と lateral olfactory artery に分岐し、medial olfactory artery は前大脳動脈 (anterior cerebral artery ; ACA) の、lateral olfactory artery は Heubner artery と前脈絡叢動脈 (anterior choroidal artery ; Acho A) の precursors である。両生類になると、lateral olfactory artery が lateral striate artery (Heubner artery) と将来の Acho A に分岐する。爬虫類では、ACA が正中で吻合し前交通動脈を形成し、鳥類でははっきりと Acho A と中大脳動脈が lateral striate artery から形成される。さらに Acho A の皮質枝が、ICA の caudal division へ distal annexation さ

れる。

② 内頸動脈 (internal carotid artery : ICA) の発生 (Fig. 3)

前述のように頭蓋内の primitive ICA は、cranial division と caudal division に分けられ、前者は ACA と Acho A からなり、後者は、Pcom A と後大脳動脈 (posterior cerebral artery ; PCA) の P1 および PTA より cranial の脳底動脈からなる¹²⁾。発生初期には ACA と Acho A は choroidal arcade を形成し、末梢で choroid plexus を栄養し、Monro 孔で吻合する。caudal division には diencephalic branch, mesencephalic branch, 上小脳動脈 (superior cerebellar artery ; SCA) が属し、後に posterior choroidal artery (Pcho A) も属する。

発生学的に SCA は椎骨脳底動脈系ではなく ICA の caudal branch に属する。Pcho A は、側脳室下角で Acho A と吻合する。Pcho A の choroidal branch は、lateral Pcho A になり、Pcho A の cortical branch が Acho A の cortical branch の transfer を受け、PCA の P2-4 になる。diencephalic branch の choroidal branch は、medial Pcho A になる。

③ 前脈絡叢動脈 (anterior choroidal artery ; Acho A) (Fig. 4)

Acho A は、発生学的に古い動脈で発生初期には、脳室内の脈絡叢が脳を栄養しているため、Acho A が広い範囲の終脳を栄養する。しかし後に、その皮質枝が、後大脳動脈に支配を transfer される。これは primitive ICA の cranial division の皮質枝が、caudal division に移行することを意味する。しかし稀に、Acho A が PCA の parieto-occipital branch や、inferior temporal branch を栄養する場合がある (1.1%)。PCA の領域を栄養する Acho A を hyperplastic Acho A とよぶ場合もあるが¹⁹⁾、発生学的には persistent primitive Acho A と考えたほうが理解しやすい⁷⁾。Acho A は、多くは Pcom A より末梢の内頸動脈 (cranial division of ICA) から起始するが、稀に Pcom A より起始する (caudal division of ICA)。その欠損や middle cerebral artery (MCA) からの起始はないとされる。Acho A が脳室に入ってから cortical supply はないため、この point より遠位の塞栓術は安全である。Acho A は、最終的に telencephalic branch (uncus, pyriform cortex, amygdaloid nucleus を栄養する), diencephalic branch (thalamus, lateral geniculate body, optic tract を栄養する), choroidal branch になる。

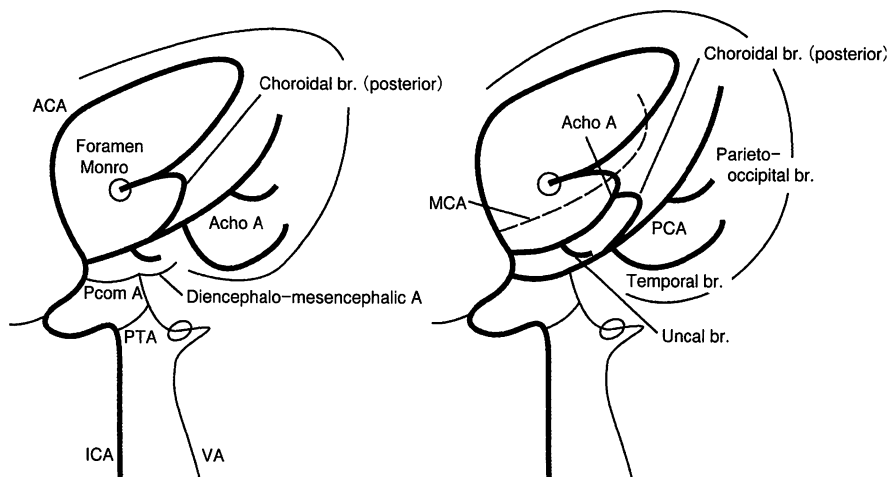


Fig. 4 Embryology of the anterior choroidal artery and distal annexation of the cortical branches to the posterior cerebral artery
br. : branch, PTA : primitive trigeminal artery

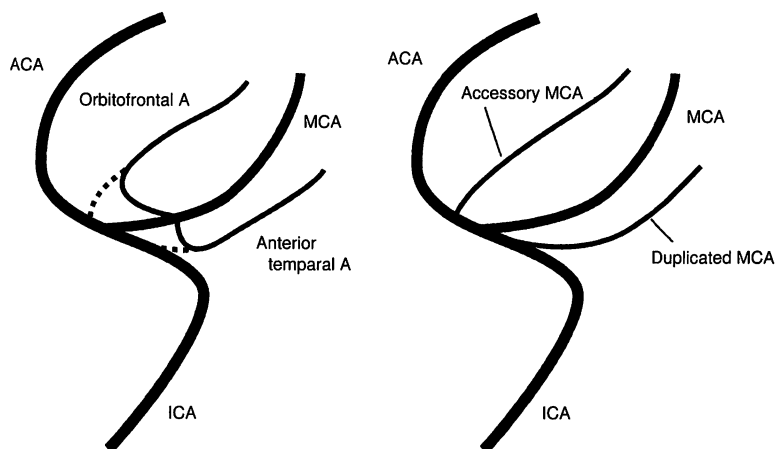


Fig. 5 Duplicated and accessory middle cerebral arteries

④ 前大脳動脈 (anterior cerebral artery ; ACA)

Acho A と並び ICA の cranial division で、発生学的に古い血管である。MCA は ACA の分枝と考えられる。左右の大脳半球を結ぶ corpus callosum においては、一方の動脈が両側を栄養する variation が生ずる。azygos ACA は、pericallosal artery が二次的に融合したと考えられている。azygos ACA は、1 本の ACA が両側を栄養する場合 (0.3%) をいい、一部が共通管になっている unpaired ACA (3~5%) とは区別される。

⑤ Recurrent artery of Heubner

発生学的に MCA より古い動脈で、終脳を栄養する lateral striate artery の一つである。

⑥ 中大脳動脈 (middle cerebral artery ; MCA)

(Fig. 5)

重複中大脳動脈 (duplicated middle cerebral arteries ; duplicated MCAs) は、内頸動脈の遠位端から分岐し、副中大脳動脈 (accessory MCA) は ACA から分岐する。これらは recurrent artery of Heubner が拡張したとの説明や、ACA と MCA の間を結ぶ anastomosis が残ったものと説明されている。しかし発生学的に ACA は primitive ICA の連続する古い動脈と考えられ、MCA は ACA に続いて発生するため、MCA は ACA の分枝と考えられる¹⁾¹¹⁾。この MCA の最初の分枝 (orbitofrontal artery や anterior temporal artery) が、M1 から分岐せずに、直接 ICA から分岐し、前頭葉を栄養すれば accessory MCA であり、側頭葉を栄養すれば duplicated MCA となる¹⁰⁾。

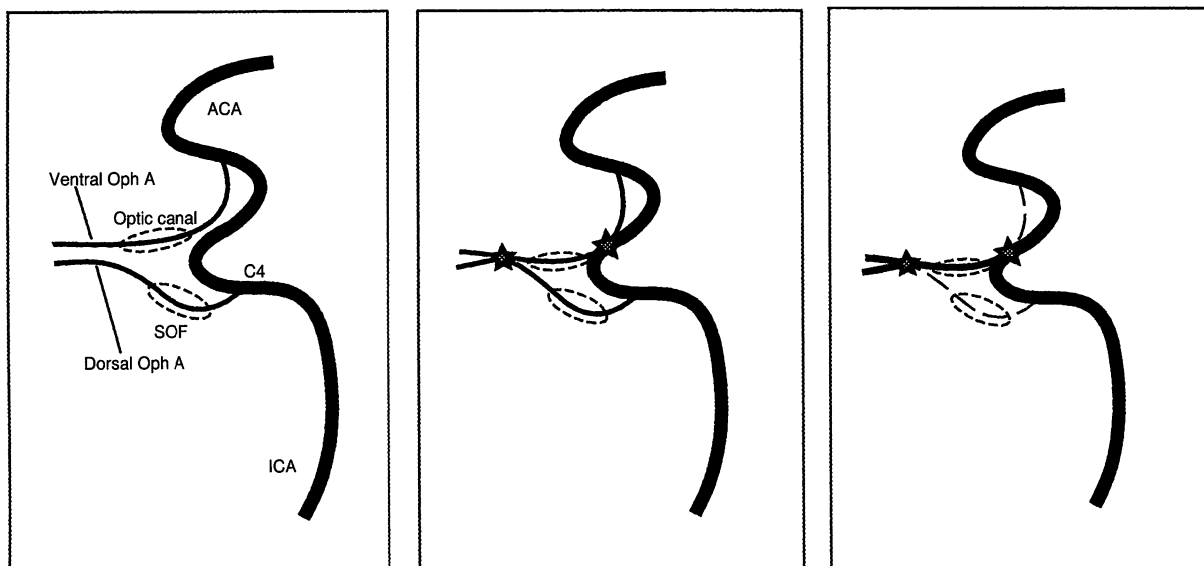


Fig. 6 Embryology of the primitive ophthalmic artery

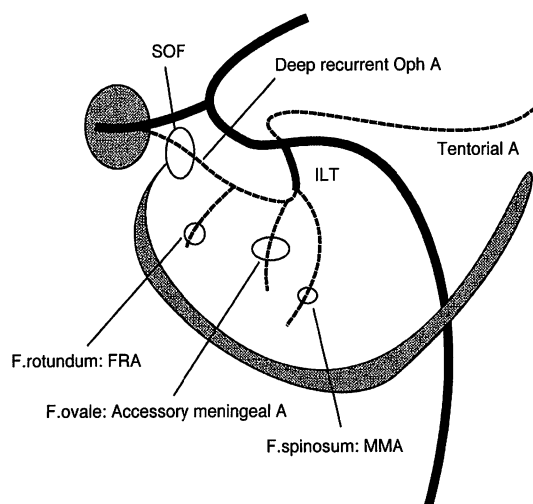


Fig. 7 Anatomy of the inferolateral trunk
ILT : inferolateral trunk

F : foramen, FRA : foramen rotundum artery,
MMA : middle meningeal artery

accessory MCA は, A1 部の proximal origin の場合と, distal origin (前交通動脈近傍) の場合がある. accessory MCA は 0.2~2.9% の頻度で認められ, 前頭葉を栄養し, duplicated MCA は 0.3~4.0% の頻度で認められ, 近位の MCA は側頭葉を栄養する.

7 Primitive maxillary artery

ICA の C5 から分岐し, 反対側のそれと交通をもち, その remnant は, inferior posterior hypophyseal artery である. 一侧の ICA が無形成の場合には, 反対側の ICA から maxillary artery が collateral となって, 同側の ICA を

supply することがある.

8 Primitive mandibular artery

第 1 大動脈弓の dorsal remnant で ICA の petrosal segment から分岐し, 破裂孔または頸動脈管に入る. horizontal branch は pterygoid canal に入り, vidian artery (artery of the pterygoid canal; 翼突管動脈) と吻合する. inferior branch は破裂孔に入り, accessory meningeal artery, pterygoid artery, ascending pharyngeal artery と吻合する.

眼動脈と外頸動脈系の機能的血管解剖

1 眼動脈 (ophthalmic artery; Oph A) (Fig. 6, 7)

1. 眼動脈の発生

発生初期には ventral Oph A と dorsal Oph A が存在し, 前者は ACA から起始し, 視神経管を通過し, 最終的に ACA 側は退縮し, 本来の眼動脈 (primitive Oph A) になる. dorsal Oph A は, carotid siphon (C4) が起始で, superior orbital fissure (SOF) を通過し, 最終的に退縮し, remnant は ICA の inferolateral trunk (ILT) となる¹²⁾. primitive Oph A は, 眼窩内で 3 分枝する (temporociliary artery, nasal ciliary artery, central retinal artery). primitive Oph A は, stapedial artery の orbital branch (supraorbital artery) と吻合する. 約 8% の症例で眼動脈は, 海綿静脈洞部の ICA から分岐する (dorsal Oph A の remnant). 発生学的に dorsal Oph A の proximal remnant が ICA の ILT であり, distal remnant が deep recurrent Oph A である¹³⁾. ILT は通常, 次のように 3 分枝する. (1) superior branch,

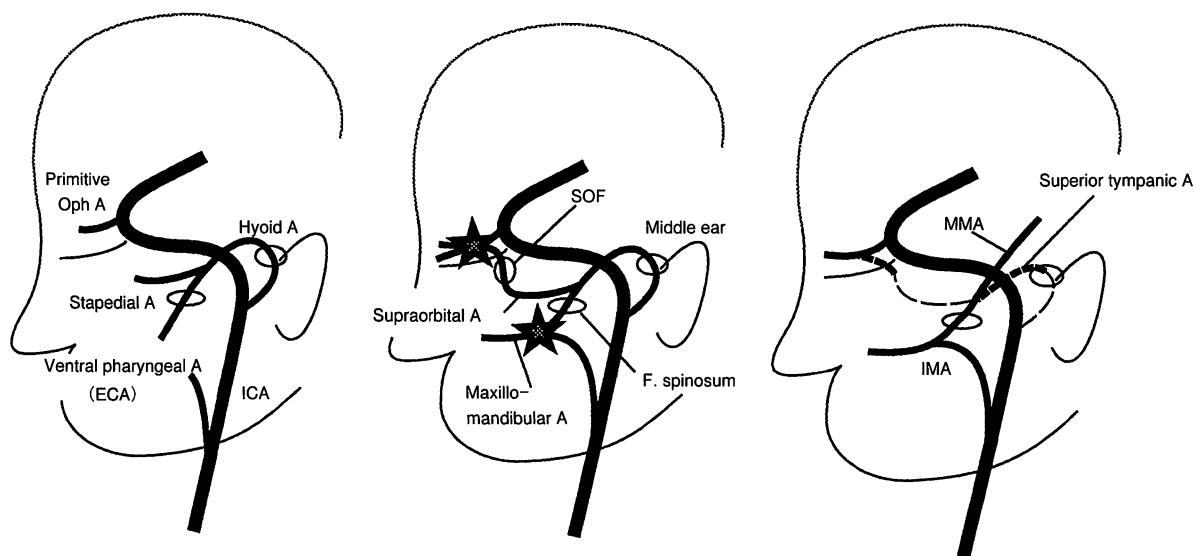


Fig. 8 Embryology of the primitive stapedial artery

MMA : middle meningeal artery

IMA : internal maxillary artery

海綿静脈洞の上面および第 3, 4 脳神経を栄養し, marginal tentorial branch も出す。(2) anterior branch, 内側枝は SOF に向かい, 第 3, 4, 6 脳神経を栄養し, deep recurrent Oph A となる。外側枝は foramen rotundum に向かい, foramen rotundum artery となる。(3) posterior branch, 三叉神経節を栄養し, accessory meningeal artery や middle meningeal artery と吻合する。

② 外頸動脈系の発生 (Fig. 8)

1. アブミ骨動脈 (stapedial artery)

第 2 大動脈弓からなる hyoid artery (舌骨動脈) は, 中耳において内頸動脈から分離し, stapedial artery となり, 頭蓋内に入る。さらに stapedial artery は, 頭蓋内枝である supraorbital artery と棘孔から頭蓋外に出る maxillomandibular artery に分かれる。内頸動脈側の remnant は carotico-tympanic artery であり, 末梢側の remnant が middle meningeal artery (MMA) から分岐する superior tympanic artery である。この動脈は顔面神経を栄養するため, 後者への塞栓術は顔面神経麻痺を起こす場合がある。アブミ骨動脈は, primitive Oph A と吻合する。supraorbital artery は SOF を通り, 眼窩内へ入り, median branch (ethmoid-nasal artery) と lateral branch (lacrimal artery) の 2 つに分枝し, 眼窩内の筋・腺組織を栄養する。しかし, 30% の症例で, 眼窩に入る手前の中頭蓋窩で分枝し, この場合 medial branch は SOF を, lateral branch は Hyrtl canal を通り眼窩に入る。

lacrimal artery は, Oph A の枝の場合と MMA の枝の場合

合があり, Oph A の枝の場合では, MMA は SOF を通り Oph A と吻合する (meningo-lacrimal artery)。lacrimal artery が MMA の枝の場合では, MMA が直接 Hyrtl canal を通り lacrimal artery となり, 眼動脈と吻合した場合は meningo-ophthalmic artery とよばれる。また stapedial artery は, anterior clinoid process や cavernous sinus にも枝を出し, さらに小脳テントの自由縁にも枝を出す (marginal artery of tentorium)。maxillomandibular artery は, 後に外頸動脈となる ventral pharyngeal artery と吻合する。

2. 眼球・眼窩への動脈

視機能に関する組織 (視神経, 網膜, 脈絡膜) は, ventral Oph A と dorsal Oph A から形成される primitive Oph A が関与し, 眼窩内の筋・腺組織は, アブミ骨動脈の眼球への分枝である supraorbital artery の 2 枝 (ethmoid-nasal artery と lacrimal artery) が関与する。

眼窩内の眼動脈は, 解剖学的に 3 つの部分に分けられ, 1st portion は, primitive Oph A からなり, 視機能に関与し, 2nd portion は, アブミ骨動脈の枝と吻合する移行部で, 3rd portion は, 純粋に視機能以外の眼窩構造を栄養する。このため, 2nd portion を超えた塞栓術は, 視機能を損傷することはない。

② 中硬膜動脈 (middle meningeal artery; MMA)

アブミ骨動脈の頭蓋枝の maxillomandibular artery から発生する。発生初期には, 棘孔を通り, 頭蓋内から頭蓋

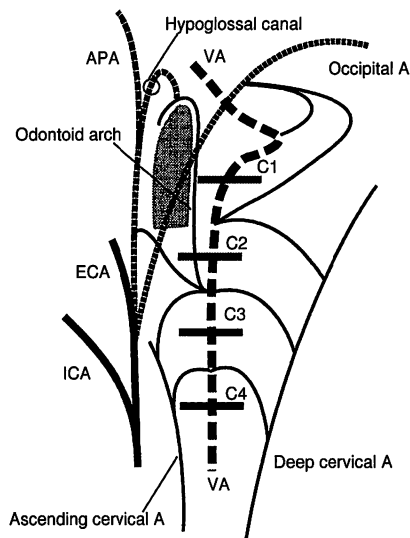


Fig. 9 Functional anatomy of the occipito-pharyngeal system and upper cervical arterial system

APA : ascending pharyngeal artery

外へ向かうが、後に逆転する。

③ 副硬膜動脈 (accessory meningeal artery ; AMA)

AMA は 47% が MMA から、47% が顎動脈 (internal maxillary artery ; IMA) から、6% が両者から起始する。また lateral pterygoid muscle の外側を走行する場合 (superficial course) と内側を走行する場合 (deep course) があり、前者の場合は MMA からの起始が多く、後者の場合は IMA からの起始が多いとされるが、13% の症例でこの法則は当てはまらない¹⁵⁾。頭蓋内枝は 78% の症例で foramen ovale を通り、22% の症例で foramen of Vesalius (sphenoidal emissary foramen) を通る。支配領域は lateral, medial, intracranial, interpterygoid branches の 4 つに分けられる²⁾。AMA の頭蓋内枝が強調される一方で、支配領域は頭蓋外の方が大きく、pterygomeningeal artery の方が適切な名称とする考えもある²⁾。

後頭・咽頭動脈系 (occipito-pharyngeal system) の機能的血管解剖 (Fig. 9)

発生学的には、上行咽頭動脈は neuromeningeal branch であり、後頭動脈は musculocutaneous branch である。

① 上行咽頭動脈 (ascending pharyngeal artery ; APA)

第 3 大動脈弓から形成され、pharyngeal, neuromeningeal, inferior tympanic branch に分けられる。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場合もある⁴⁾。pharyngeal branch には、superior, middle, inferior branches があり咽頭を栄養し、sphenopalatine artery 系と吻合に富み、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 は、jugular branch と hypoglossal branch に分かれ、それぞれ jugular foramen, hypoglossal canal を通り、頭蓋内に入る。hypoglossal branch は舌下神経を栄養する。この hypoglossal branch は、primitive hypoglossal artery の遺残である。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 arterial arcade は C2/3 level の椎骨動脈から分岐し、dens を取り囲み、反対側の同じ枝と交通する。この arcade は、第 1~3 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 9~11 脳神経を栄養する。inferior tympanic branch は、舌咽神経の鼓室枝に伴行し鼓室へ向かう。

② 後頭動脈 (occipital artery ; OA)

OA の水平部から mastoid branch が分岐し、foramen of the emissary vein を通り頭蓋内に入り、さらに 3 分岐する (jugular foramen への枝、CP angle への枝、cerebellar fossa への枝)。mastoid branch の上行枝は AICA の枝と吻合し、下行枝は APA の jugular branch と吻合する。

③ 上部頸部動脈 (upper cervical arteries)

椎骨動脈と同様に、上行頸動脈 (ascending cervical artery) と深部頸動脈 (deep cervical artery) は、退縮していく segmental arteries が縦方向に融合し形成される。上行頸動脈・深部頸動脈は、横突起の中を走行する椎骨動脈の腹側、背側をそれぞれ走行し、segmental artery の遺残を利用して、C1/2, 2/3, 3/4 spaces で椎骨動脈と吻合する。upper cervical region では、occipito-pharyngeal system と上行頸動脈・深部頸動脈が hemodynamic balance をつくっている。原則的に APA と上行頸動脈は C3/4 space で吻合し、OA と深部頸動脈は C1/2 space で吻合する。これらの血管吻合は hemodynamic balance によって容易に変化する。

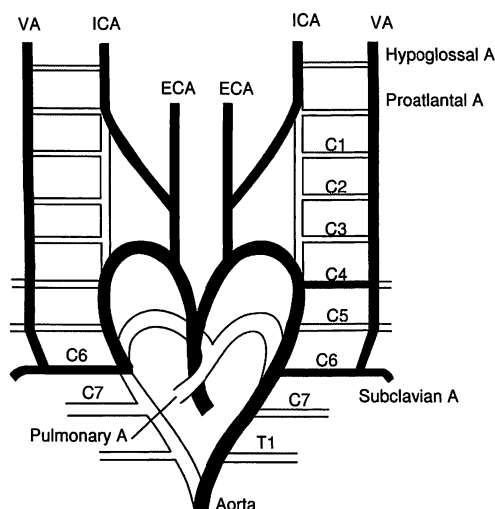


Fig. 10 Embryology of the vertebral artery

Vertebral artery on the right side originates from the subclavian artery and enters the transverse foramen of the C6. The Left vertebral artery has dual origins. The medial leg originates from the aorta and enters C4 transverse foramen while the lateral leg originates from the subclavian artery and enters the C6 transverse foramen.

AICA : anterior inferior cerebellar artery

PICA : posterior inferior cerebellar artery

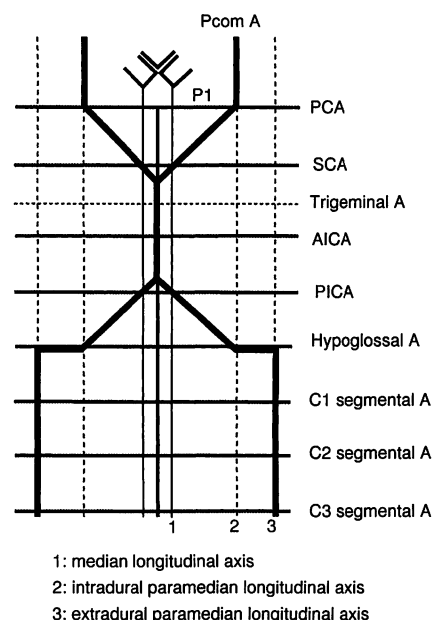


Fig. 11 Embryology of the vertebro-basilar system

aorta から, lateral leg は鎖骨下動脈から分岐することが多い。

2. 椎骨動脈と頸部動脈の吻合

上行頸動脈と C3/4 space で, 深部頸動脈と C2/3, 3/4 spaces で吻合をもつことが多い (Fig. 9).

3. 椎骨動脈と後頭・咽頭動脈系との吻合

APA と C3/4 cervical space で, occipital artery と C1/2 cervical space で吻合をもつことが多い (Fig. 9).

椎骨脳底動脈系の機能的血管解剖

① 椎骨動脈 (vertebral artery ; VA) (Fig. 1, 10, 11¹²⁾)

1. 椎骨動脈の発生

VA は, segmental arteries を縦方向に結ぶ extradural paramedian longitudinal vascular axis から形成される。内頸動脈系と異なり, 発生学的には独立した血管系ではなく, 新しい動脈であり, 後頭蓋窩の発達とともに必要な血流を運ぶ役割を担う。脳底動脈とは別々に発生し, 後に吻合する。proatlantal segmental artery type I と 7 本の cervical segmental arteries のうち, 上から 6 本の segmental arteries は退縮する。通常 6 番目の cervical segmental artery が鎖骨下動脈になるため, C6 の横突孔に VA が入る。したがって, 鎖骨下動脈起始の VA は一般に C6 の横突孔に, 大動脈起始の VA は通常 C5 に, また頻度は下がるが C4 の横突孔に入る。大動脈起始の VA の頻度は, 2.4~5.8% である⁶⁾。VA が大動脈と鎖骨下動脈の両方から出て, その後 1 本の VA になる場合, dual origin (bifid origin) とよぶ⁹⁾。一般に medial leg は, lateral leg よりも高位の横突孔 (多くは C5) より入る。起始する部位は, 右側の場合は medial leg も lateral leg も鎖骨下動脈から分岐することが多いが, 左側の場合は medial leg は

② 脳底動脈 (basilar artery ; BA) (Fig. 3)

1. 脳底動脈の発生

発生学的には, primitive trigeminal artery より cranial の BA は, ICA の caudal division に属する。BA は胎生期の 5 週ごろに, median longitudinal vascular axis である一対の longitudinal neural arteries が, craniocaudal の方向へ fusion して形成される¹⁷⁾。BA 内の血流は, はじめは craniocaudal であるが, 椎骨動脈と BA が吻合すると caudocranial に逆転する。これによりさらに diencephalo-mesencephalic arteries が発達することとなる。BA の fenestration や duplication は, longitudinal neural arteries の融合不全で起こる¹⁷⁾。その頻度は 0.064~0.6% で, lower basilar artery に多く, 長さは 5 mm 以下であることが多い。vein of Galen aneurysmal dilataion (tectal AVM など) のときに認められることがある transmesencephalic arteries は, BA 先端からの穿通枝との鑑別がされる¹⁴⁾。

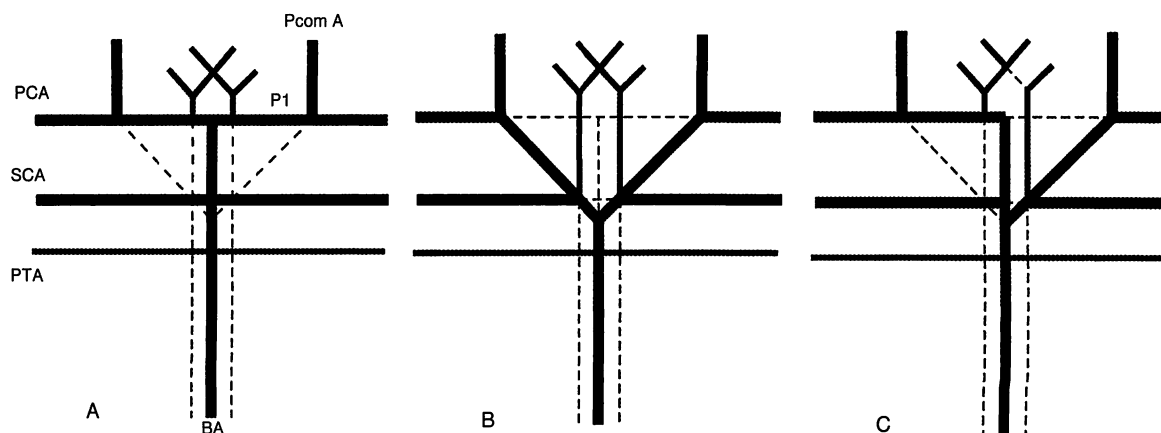


Fig. 12 Anatomy of the tip of the basilar artery

A : Symmetrical cranial type
B : Symmetrical caudal type
C : Asymmetric type

2. Basilar tip からの PCA と SCA の分岐 (Fig. 12)

primitive trigeminal artery の退縮の時期が遅いと、椎骨動脈系よりも内頸動脈系が優位になるため、primitive ICA の caudal division である Pcom artery と P1 部が残る、caudal fusion type となる。逆の場合は、cranial fusion type となる。このように basilar tip の血管融合のパターンによって、symmetrical cranial type, symmetrical caudal type, asymmetric type に分けられる³⁾。cranial type では SCA は脳底動脈から直接分岐することが多いが、caudal type では SCA は P1 部から分岐することが多い。この部位での動脈瘤の多くは、asymmetric type の caudal P1 にできるか、symmetric type でも caudal type にできることが多い。

perforating artery は、symmetric type ではそれぞれ同側支配が多いが、asymmetric type では cranial P1 から分岐し、両側支配の症例が多い。動脈瘤の塞栓術で、P1 を sacrifice するような事態になっても症状が出にくいのは、動脈瘤が caudal P1 にでき、perforating artery が反対側の cranial P1 から分岐し、両側を支配することが多いためである。

③ 後大脳動脈 (posterior cerebral artery ; PCA) (Fig. 4)

発生初期は、小さな diencephalo-mesencephalic artery である PCA は、前述のように Acho A の cortical branch の distal annexation を受け、PCA を形成する。発生学的に真の PCA は、P2 以降である。

④ 小脳動脈

上小脳動脈 (superior cerebellar artery ; SCA) は発生学的には ICA の caudal division に属し、必ず存在する。SCA の起始は、P1 の場合と BA 本幹の場合がある。SCA 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。

SCA の duplication は、lateral branch と medial branch が別々に BA から起始した場合である。SCA と異なり、前下小脳動脈 (anterior inferior cerebellar artery ; AICA)、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。AICA の BA 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 branch と、CP angle に向かう rostrolateral branch に分けられる。pial arteries である AICA は、internal auditory artery を分岐する labyrinthine system である。第 4 脳室の lateral recess の choroidal plexus への choroidal branch も出す。PICA は 57% の症例で foramen magnum より上で、4% の症例で同部で、18% の症例でそれ以下で起始する。intradural paramedian longitudinal vascular axis を利用した C1 origin PICA, C2 origin PICA や proatlanto-cerebellar anastomosis を利用した後頭動脈の C1, C2 level origin の PICA などがある。

本稿の一部は第 22 回日本脳神経外科コンgres (2002, 大阪) モーニングセミナーと第 23 回日本脳神経外科コンgres (2003, 大阪) プレナリーセッションにて発表した。

文 献

- 1) Abbie AA: The morphology of the fore-brain arteries, with especial reference to the evolution of the basal ganglia. *J Anat* **68**: 433-470, 1934.
- 2) Baumeister JJ, Beard DY: The accessory meningeal artery of man. *J Anat* **95**: 356-402, 1961.
- 3) Campos C, Churojana A, Rodesch G, Alvarez H, Lasjaunias P: Basilar tip aneurysms and basilar tip anatomy. *Interventional Neuroradiol* **4**: 121-125, 1998.
- 4) Hachein-Bey L, Daniels DL, Ulmer JL, Mark LP, Smith MM, Strottmann JM, Brown D, Meyer GA, Wackym PA: The ascending pharyngeal artery: Branches, anastomoses, and clinical significance. *AJNR* **23**: 1246-1256, 2002.
- 5) Haughton VM, Rosenbaum AE, Pearce J: Internal carotid artery origins of the inferior cerebellar arteries. *AJR* **130**: 1191-1192, 1978.
- 6) Haughton VM, Rosenbaum AE: The normal and anomalous aortic arch and brachiocephalic arteries. in Newton TM, Potts DG (eds): *Radiology of the Skull and Brain*, vol 2. St Louis, Mosby, 1974, pp.1145-1163.
- 7) Komiyama M, Morikawa T, Ishiguro T, Matsusaka Y, Yasui T: Anterior choroidal artery variant and acute embolic stroke: Case report. *Interventional Neuroradiol* **8**: 313-316, 2002.
- 8) Komiyama M, Nakajima H, Nishikawa M, Yasui T, Kitano S, Sakamoto H: High incidence of persistent primitive arteries in moyamoya and quasi-moyamoya diseases. *Neurol Med Chir (Tokyo)* **39**: 416-422, 1999.
- 9) Komiyama M, Nakajima H, Yamanaka K, Iwai Y: Dual origin of the vertebral artery: Case report. *Neurol Med Chir (Tokyo)* **39**: 932-937, 1999.
- 10) Komiyama M, Nishikawa M, Yasui T: Middle cerebral artery variations: Duplicated and accessory arteries. *AJNR* **19**: 45-49, 1998.
- 11) Komiyama M, Yasui T: Accessory middle cerebral artery and moyamoya disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* **71**: 129-130, 2001.
- 12) Lasjaunias P, Berenstein A: Functional vascular anatomy of brain, spinal cord and spine. *Surgical Neuroangiography*, vol 3. Berlin, Heidelberg, Springer, 1990.
- 13) Lasjaunias P, Moret J, Mink J: The anatomy of the inferolateral trunk (ILT) of the internal carotid artery. *Neuroradiology* **13**: 215-220, 1977.
- 14) Lasjaunias P, Terbrugge K, Choi IS: Transmesencephalic arteries and veins: Angiographic aspects in tectal vascular lesions. *Acta Neurochir (Wien)* **92**: 138-143, 1988.
- 15) Lasjaunias P, Theron J: Radiological anatomy of the accessory meningeal artery. *Radiology* **12**: 99-104, 1976.
- 16) Lie TA: Congenital malformations of the carotid and vertebral arterial systems, including the persistent anastomoses. in Vinken PF, Bruyn GW (eds): *Handbook of Clinical Neurology*, vol 12. Amsterdam, North-Holland, 1972, pp.289-339.
- 17) Padgett DH: The development of the cranial arteries in the human embryo. *Contrib Embryol* **32**: 205-261, 1948.
- 18) Suttner N, Mura J, Tedeschi H, Ferreira MA, Wen HT, de Oliveira E, Rhoton AL Jr: Persistent trigeminal artery: A unique anatomic specimen-analysis and therapeutic implications. *Neurosurgery* **47**: 428-434, 2000.
- 19) Takahashi S, Suga T, Kawata Y, Sakamoto K: Anterior choroidal artery: Angiographic analysis of variations and anomalies. *AJNR* **11**: 719-729, 1990.

要 旨

脳血管内治療に必要な解剖学的知識—機能的脳血管解剖

小宮山雅樹

安全かつ有効な脳血管内治療を行うためには、脳・頭頸部の血管機能解剖の理解が必須である。発生学的知識はそのような機能解剖の理解に役立つ。脳血管内治療に必要な血管機能解剖について詳説した。

脳外誌 **13**: 116-125, 2004