

中硬膜動脈の発生と解剖

虎の門病院脳神経血管内治療科

松丸祐司

Embryology and anatomy of the middle meningeal artery

Department of Neuro-Endovascular Therapy, Toranomon Hospital

Yuji Matsumaru

Key words: middle meningeal artery, embryology, embolization

はじめに

中硬膜動脈(MMA)は顎動脈に最大の分枝であり、臨床的には髄膜腫や硬膜動静脈瘻の流入動脈として塞栓術の対象となる。それをコイルで閉塞する場合危険性はほとんどないが、治療効果もほとんどない。液体塞栓物質を用いれば完全に閉塞できるが、神経麻痺・脳梗塞の危険性があり、機能血管解剖の知識が必要である。本稿ではその発生と機能解剖を概説する。

中硬膜動脈の発生 (図1)

顎動脈は鰓弓である第1・2大動脈弓から発生し、上行咽頭動脈の一部、後頭動脈は舌下動脈・Proatlantal arteryなどの髄節動脈から発生する。MMAは顎動脈の枝であり、主に第2鰓弓から発生する。副硬膜動脈の発生に関する詳しい記述はないが、おそらくMMAとともに発生すると思われる。

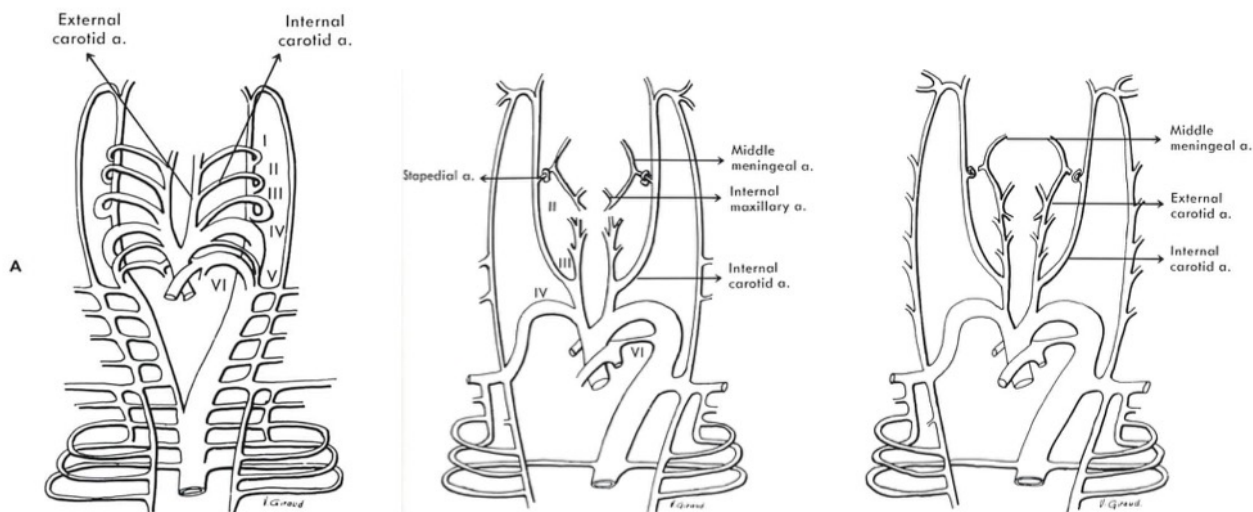


図1

顎動脈の発生

(Newton TH, Potts DG. Radiology of the skull and brain Book 2 p1247より抜粋)

第2大動脈弓は舌骨弓ともよばれ、それから舌骨動脈が発生する。その起始部は内頸動脈で、その遠位からあぶみ骨動脈(SA)が発生し、頭蓋底で眼窩へ向かうsupraorbital divisionと下行する

maxillo-mandibular divisionに分かれる。鼓室ではSAを取り囲むようにあぶみ骨が形成される。その遠位ではSAや三叉神経を取り囲むように頭蓋底の孔が形成される。このSAのmaxillo-mandibular divisionが頭蓋外へ出る孔が棘孔である。

一方第2大動脈弓腹側部と第3大動脈弓より、後の外頸動脈近位部となるventral pharyngeal artery発生し、鼓室より遠位のmaxillo-mandibular divisionと吻合する。またSAの鼓室部分は退縮し、その遠位はventral pharyngeal arteryから血流を受け、顎動脈およびMMAが完成する。そしてSAの内頸動脈側の遺残がcaroticotympanic artery、superior division側(MMA側)の遺残がsuperior tympanic artery、maxillo-mandibular division側(顎動脈側)の遺残がanterior tympanic arteryとなり、上行咽頭動脈からのinferior tympanic arteryとともにそれぞれ鼓室内で吻合する。

血流の方向であるが、発生初期にはventral aortaからdorsal aortaへの血流があると思われる。SAができると第1・2鰓弓でのventral aortaからdorsal aortaへの連続性はなくなり、内頸動脈(dorsal aorta)からSAへ流れるようになる。この時の棘孔でのmaxillo-mandibular divisionの血流は頭蓋内から頭蓋外の方である。鼓室内のSAが退縮しventral pharyngeal arteryがmaxillo-mandibular divisionをannexationすると顎動脈が完成するが、この時点で棘孔の血流は逆転し、頭蓋外から頭蓋内へ向かう。

あぶみ骨動脈とその遺残

あぶみ骨とは3つの耳小骨のうち最も小型のもので、きぬた骨と卵円窓をつないでいる環状の骨である(図2)。脊椎動物のうち、これが環状になっているのは異節上目(アリクイ目)を除く有胎盤類のみである。また環状のあぶみ骨ではその中心をSAが貫通する。中心を通ることで拍動を両方のcrusに均等に伝え音の伝達を阻害しないという説がある。あぶみ骨は脊椎動物が最初に持った耳小骨で、魚類においては顎を保持する舌顎骨であった。ちなみにつち骨ときぬた骨はほ乳類になってから新たに獲得された耳小骨で、爬虫類の顎関節の下顎側を構成していた関節骨に由来する。このように耳小骨のある鼓室は、舌骨および顎関節と関連が深い。



図2

錐体骨のcone-beam CT冠状断(A)および軸位断(B)

あぶみ骨(矢印)は最も小さい耳小骨で、きぬた骨と卵円窓をつなぐ。

SAは胎生12週で消失してしまう血管であるが、この間にあぶみ骨を作り、内頸動脈の分枝であるMMAを外頸動脈の分枝にする(1)。SAは中耳の発生に深く関与し、すべてのほ乳類で胎生期に認められる。ヒトではその遺残は希であるが、多くの種でその遺残が認められる。たとえば齧歯類のマウス、ラット、ハムスターにはあるが、モルモットにはない。またモグラ、ハリネズミ、コウモリにあるが、カンガルー、ハリネズミ、すべての肉食獣にはない。霊長類ではヒト、チンパンジー、ゴリラにはないが原猿にはある。これらよりその遺残はランダムで進化とは無関係のようである。Ratやbatではstapedial arteryはsignificant vesselである(2)。

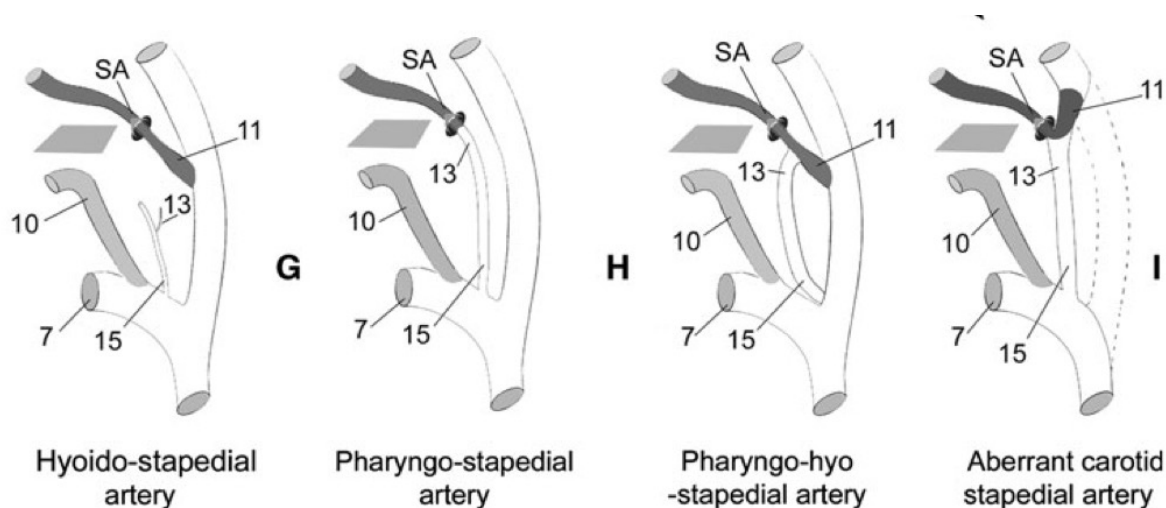


図3 あぶみ骨動脈遺残のパターン (Hitier et al. Persistent stapedial arteries in human: from phylogeny to surgical consequences. Surg Radiol Anat 35:883-891, 2013より抜粋)

SAの遺残に関しHitierらは4つのパターンに分類している(図3)(3)。舌骨動脈とSAの完全な遺残であるHyoid-stapedial artery、上行咽頭動脈の鼓室枝とSAの遺残であるPharyngo-stapedial artery、舌骨動脈と上行咽頭動脈の鼓室枝がともに残るPharyngo-hyo-stapedial artery、aberrant ICAを合併するAberrant carotid stapedial arteryである。

ところでなぜSAは退縮し、棘孔での血流が逆転するのであろうか？血流の方向は単純に圧勾配により決定する。はじめ捕食のための顎骨弓と舌骨弓、聴覚のための中耳のためにSAは発生し、内頸動脈から血流を受け胎生期にほぼ完成する。一方脳は成長を続け、内頸動脈の脳への血流のデマンドが増加するため、SAを閉塞することによりその供給を増やすという説がある。

MMAの最も近位部の由来に関して、2つの考え方があり(図4)(4)。一つはmaxillo-mandibular divisionの近位部という説で、もう一つはventral pharyngeal arteryがmaxillo-mandibular divisionとsupraorbital divisionを棘孔を介し併合するというものである。後者の場合、棘孔を介する血流の逆転は生じていないのではないだろうか。

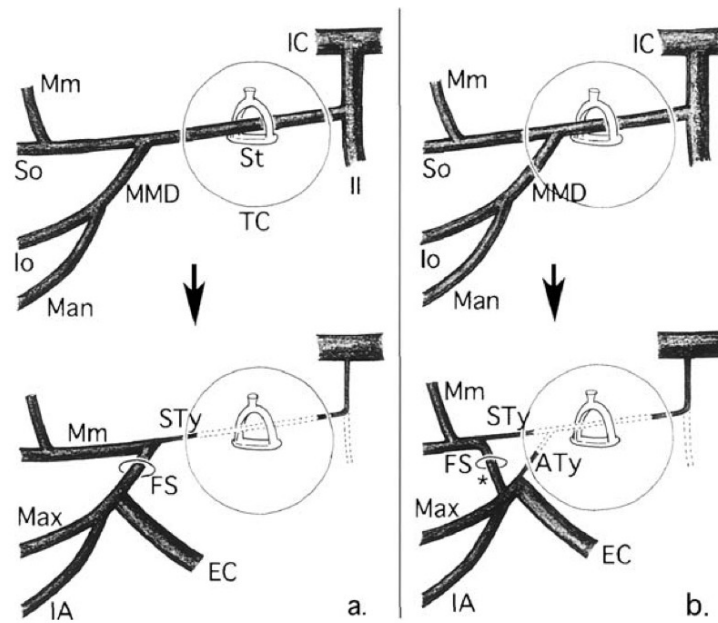


図4 あぶみ骨動脈の退縮とventral pharyngeal arteryによるannexationのパターン

(Kawai K et al. A middle meningeal artery which arises from the internal carotid artery in which the first branchial artery participates. Ann Anat 188: 33-38, 2006より抜粋)

中硬膜動脈の解剖

MMAは顎動脈の最大枝であり、そのMandibular portion (1 st portion)から分枝する。

顎動脈の多くは外側翼突筋の外側を走行し(superficial course)、MMAは副硬膜動脈と共通管を形成し起始するが、外側翼突筋の内側を走行した場合(deep course)、別々に起始することが多い。顎動脈と外側翼突筋との関係は3DRAまたはCone-bean CT(CBCT)の軸位断再構成画像で容易に鑑別できる(図5, 6)。



図5

superficial courseの顎動脈 軸位断(A)および側面像(B)

顎動脈(矢印)は外側翼突筋の外側を走行する。



図6 deep courseの顎動脈 軸位断(A)および側面像(B). 顎動脈(矢印)は外側翼突筋の内側を走行する。

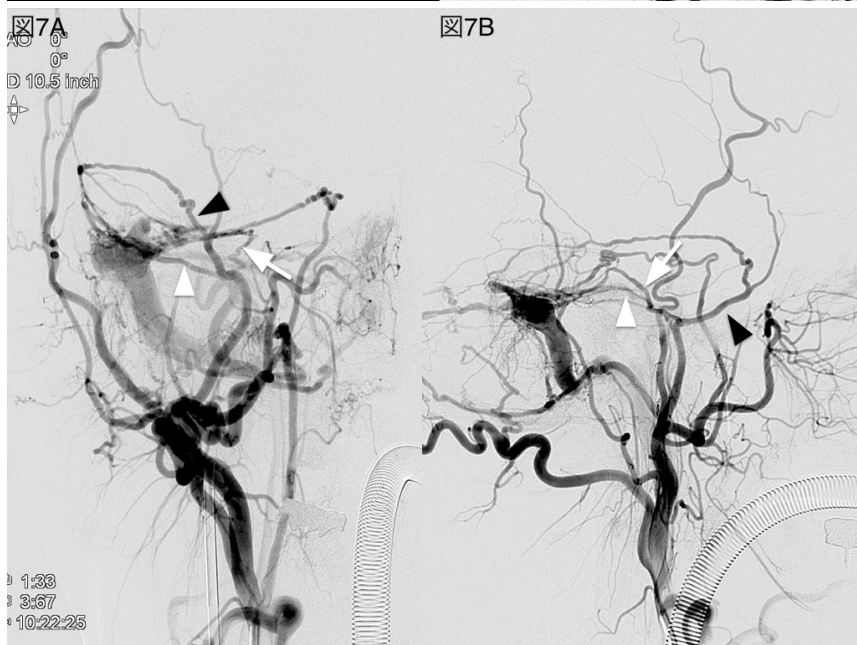
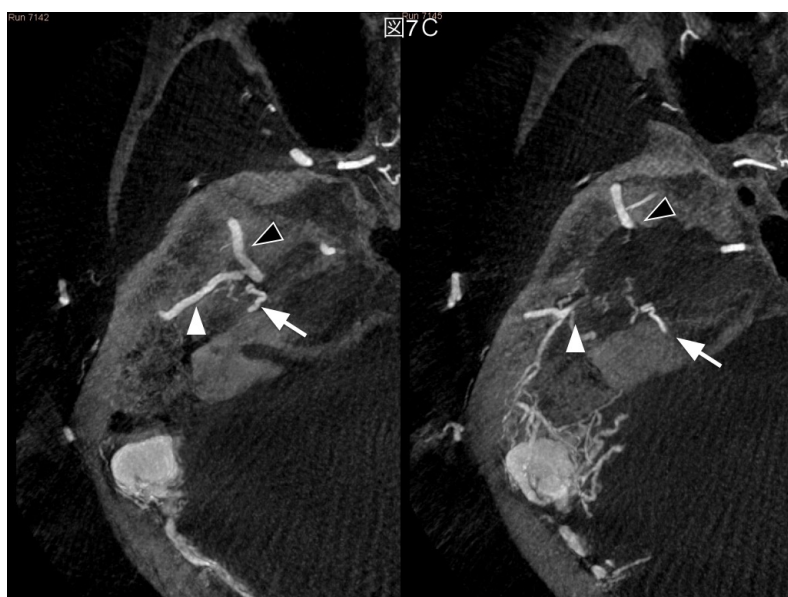


図7 外頸動脈造影正面像(A)、側面像(B)およびCT様画像(C)

矢印：petrous branch、白矢頭：petrosquamous branch、黒矢頭：anterior branch



MMAは頭蓋外ではほぼ垂直に上方に走行し、棘孔を通過し中頭蓋窩へ到達すると、すぐに petrous branchを分枝し走行を腹外側に変え、蝶形骨大翼をPterionに向かい、背外側に向かう petrosquamous branchを分枝する。本管はPterion近傍で屈曲蛇行したのち、蝶形骨小翼を乗り越え円蓋部を上行し上矢状洞に到達する（図7）。



図8 外頸動脈造影正面像(A)、側面像(B)およびCT様画像(C)

矢印：petrous branch、白矢頭：petrosquamous branch、黒矢頭：anterior branch

Petrous branchは棘孔よりすぐに背側に向かう細い枝で、錐体からテントに分布する（図8）。その近位よりcavernous branchが分枝する。これらは海綿静脈洞で、副硬膜動脈(AMA)、正円

孔動脈(AFR)、上行咽頭動脈(APA)のneuromeningeal branchの内・外側斜台動脈、pharyngeal branchの破裂孔動脈と吻合する。またInferolateral trunkを介し内頸動脈と吻合する。

またpetrous branchはあぶみ骨動脈の遠位の遺残である。そのため大錐体神経とともにhiatus Fallopiより鼓室へ入りsuperior tympanic arteryとなり顔面神経を栄養する。Petrous branchは側面像では後方へ向かいPetrosquamous branchとまぎらわしいが、正面像ではほとんど描出されず、外側へ向かうPetrosquamous branchとの鑑別は可能である(図9)。

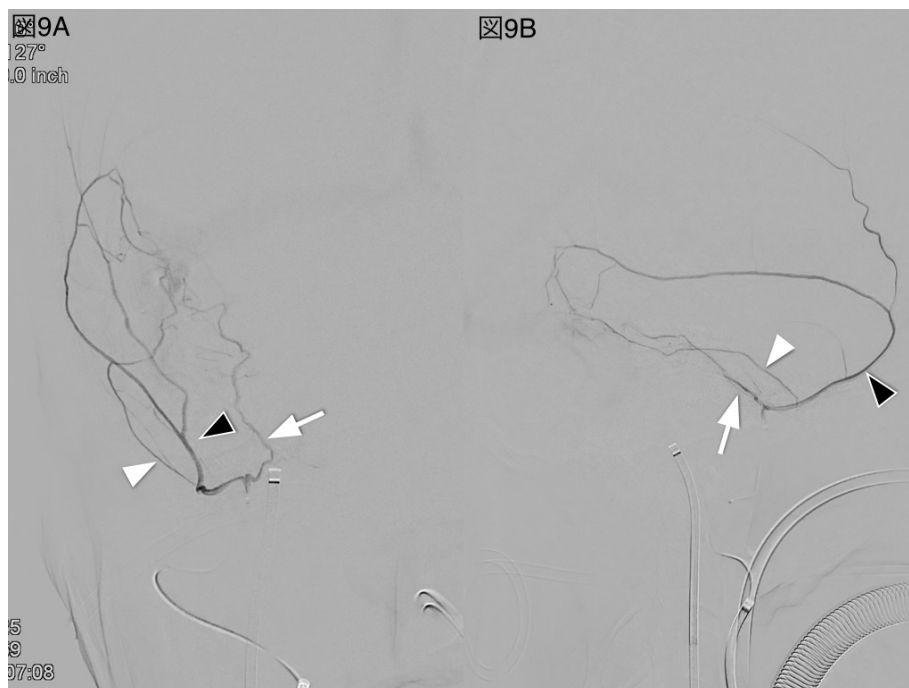


図9 中硬膜動脈の選択的造影の正面像(A)と側面像(B)

矢印：petrous branch, 白三角：petrosquamous branch, 黒三角：anterior branch

鼓室は外耳道と内耳道の間であり、耳管とともに中耳を構成しており、耳小骨は音の増幅を、三半規管は平衡感覚を司る。顔面神経(表情筋)は内耳神経とともに内耳道より側頭骨の錐体を貫き鼓室で方向変え、大および小錐体神経(副交感神経)と別れ、顔面神経管内に入り、鼓索神経(味覚)と別れ茎乳突起からでて顔面全体に広がる。このように鼓室を中心とした錐体骨には感覚器官や遠心性および求心性の神経が交錯し大変複雑である。動脈も孔より神経とともに到達し、鼓室で吻合している。

あぶみ骨動脈の遠位の遺残であるpetrous branchのsuperior tympanic arteryに関しては先述した。その近位(内頸動脈側)の遺残はcarotico-tympanic arteryとして内頸動脈錐体部のapical turn近傍より鼓室に至る。顔面神経管内の顔面神経は、posterior auricular arteryまたは後頭動脈の枝であるstylomastoid arteryから栄養されるが、同血管より鼓索神経とともに鼓索神経管をとおりposterior tympanic arteryも鼓室に至る。これはMMAのsuperior tympanic arteryと吻合枝、側面像で特徴的なfacial nerve arcadeを形成する(図10)。上行咽頭動脈はinferior tympanic arteryを、顎動脈の近位からはanterior tympanic arteryが、前下小脳動脈からの内耳道動脈が内耳道より入り、これらが鼓室内でtympanic plexusを形成している。

MMAのposterior branchであるpetrosquamous branchはテント外側、側頭葉の硬膜に分布する。テントへのBasal tentorial branchを分枝し末梢では後頭蓋窩硬膜も栄養する。

MMAのanterior branchは、蝶形骨小翼で海綿静脈洞に至るbranchを分枝する。途中、cranio-orbital foramenを通過し眼窩へ至るMenigo-lacrimonal artery、superior orbital fissureを通過するRecurrent meningeal arteryを分枝する(図11)。Menigo-lacrimonal arteryは眼窩外側縁にあり直接眼動脈と吻合することは希であるが、Recurrent meningeal arteryは眼動脈の2nd portionより遠位に吻合する。これらの分枝からの塞栓術は視機能障害を生じる可能性がある。MMAのanterior branchはさらに上矢状洞に到達するが、Falxを介し眼動脈のanterior ethmoidal arteryと吻合することもある。

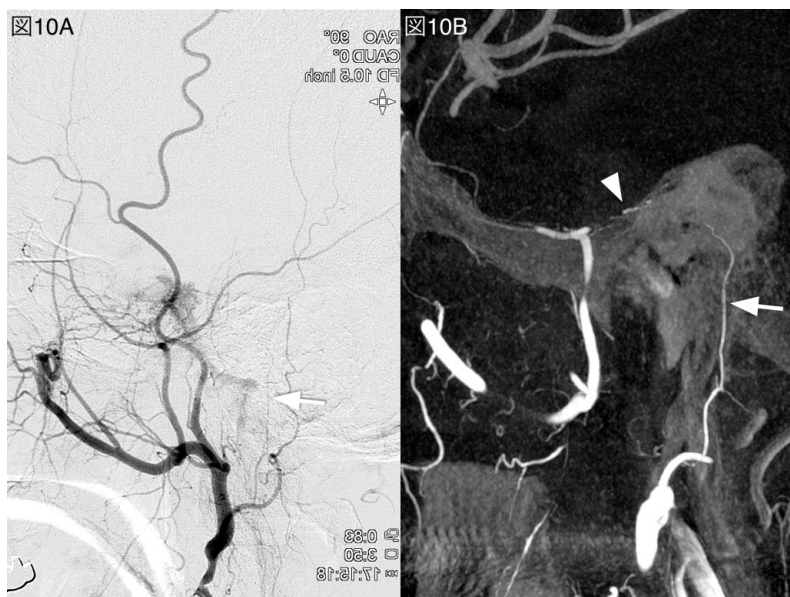
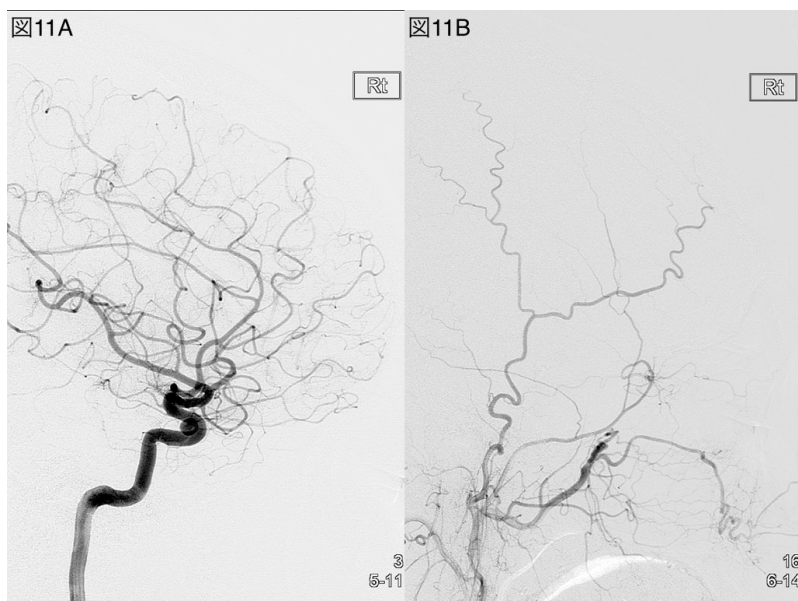


図10 外頸動脈造影側面像(A)およびCT様画像(B)

後耳介動脈から分枝する stylo-mastoid artery (矢印) はposterior tympanic artery として鼓室に到達し、 petrous branchのanterior tympanic artery (白矢頭) と吻合しfacial arcadeを形成する。

まとめ

MMAは舌骨弓由来のSAより発生し、中耳および鼓室の発生に深く関係する。棘孔近くから背側へ向かうpetrous branchは顔面神経を栄養し、そこから分枝するcavernous branchは海綿静脈洞近傍で副硬膜動脈、正円孔動脈、内側外側斜台動脈、内頸動脈と吻合する。Anterior branchは蝶形骨小翼で海綿静脈洞へのbranchを分枝し、眼窩内で眼動脈と吻合する。



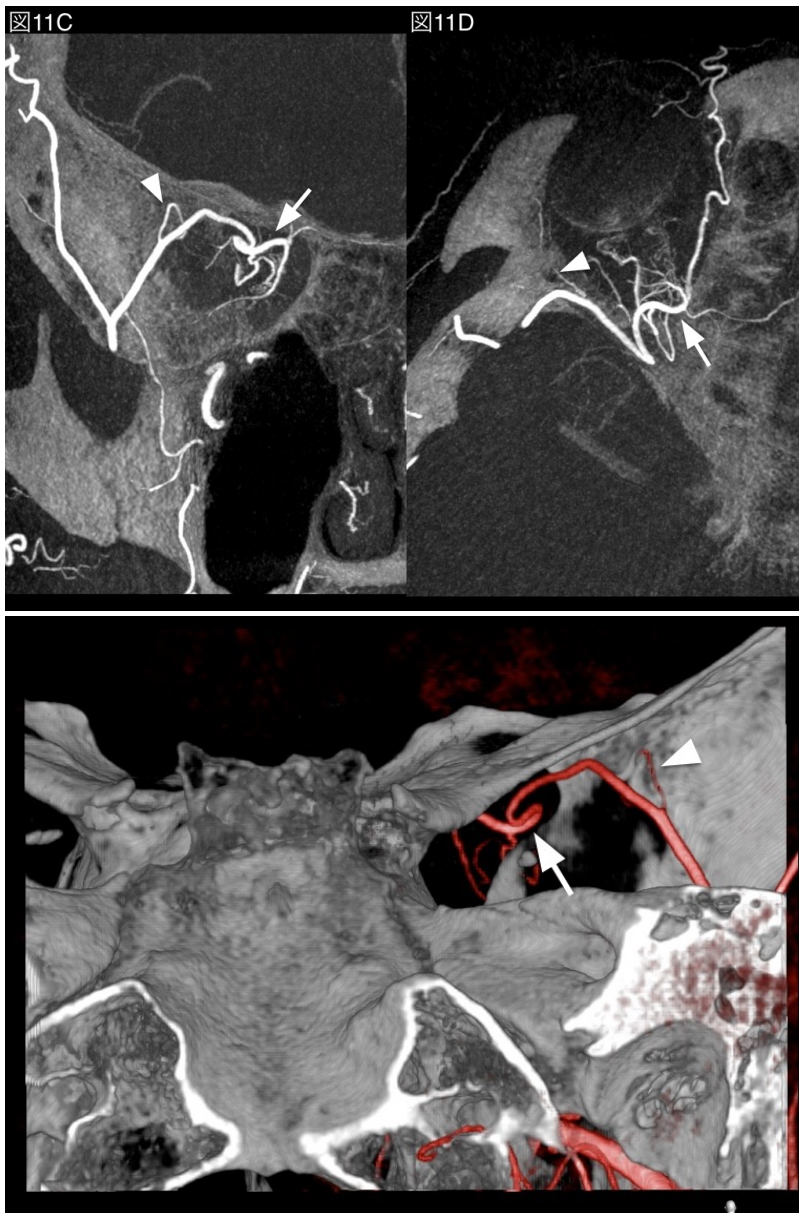


図11

内頸動脈および外頸動脈造影

矢印：Menigo-lacrimonal artery

白三角：Recurrent meningeal artery

内頸動脈からは眼動脈は認められず(A)、外頸動脈より Recurrent meningeal artery (三角) が認められる(B)。3DRAの正面像(C)、軸位像(D)、再構成画像(E)では、眼窩外側から眼窩へ到達するMenigo-lacrimonal artery (三角)、上眼窩裂から到達するRecurrent meningeal artery (矢印) が認められる。

参考論文

1. Martin H et al. Surg Radiol Anat 35:883-891, 2013
2. Torre EDA and Netsky MG. Am J Anatomy 106 185-195, 1960
3. Hitier et al. Persistent stapodial arteries in human: from phylogeny to surgical consequences. Surg Radiol Anat 35:883-891, 2013
4. Kawai K et al. A middle meningeal artery which arises from the internal carotid artery in which the first branchial artery participates. Ann Anat 188: 33-38, 2006