

Choroidal artery

久留米大学医学部 放射線医学講座 田上秀一

Choroidal arteryはその名のごとく、主としてchoroid plexusを栄養する動脈であり、ICAからのanterior choroidal artery (AChA), PCAからのmedial posterior choroidal artery (MPChA), lateral posterior choroidal artery (LPChA), PICAやAICAからのchoroidal branchがchoroid plexusに分布する。Choroid plexusは中脳水道を除くすべての脳室系に存在してCSFの産生を担っており、側脳室のchoroid plexusはAChA・LPChAから、第3脳室はMPChAから、第4脳室はAICAやPICAのchoroidal branchからsupplyされる。しかしそれらのchoroidal arteryは、choroid plexus以外にも多数の重要な領域を灌流しており、その虚血による症状は重篤となり得るため、血管内治療や開頭手術の際に解剖の知識は非常に重要である。また、choroidal arteryの分布にはいくつかのバリエーションが報告されており、その理解には発生学の知識が役に立つ。

前脈絡叢動脈 (Anterior choroidal artery: AChA)

ICAのPCoMA分岐部より遠位から起始し、optic tractの外側に沿って脳槽内を背走しつつ、optic tractを横切って大脳脚から外側膝状体前面に至る (fig 1)。その間に鉤回やoptic tract, 外側膝状体や視床外側・淡蒼球, 内包後脚などのcriticalな領域に多数の分枝を出す (cisternal segment)。外側膝状体表面ではLPChAと吻合を有することもある (1)。神経組織への穿通枝も、PCoMAからの穿通枝とreciprocalな関係にあり、AChAからの分枝が低形成の場合はPCoMAからの基底核や内包後脚への穿通枝が発達する傾向にある (1,2)。その後外側に屈曲してchoroidal fissureから第4脳室に入り (choroidal point), 第4脳室のchoroid plexusをsupplyする [plexal segment (intraventricular segment)]。その後、上前方にturnしてchoroid plexusを栄養しつつ、Monro孔に向かう。またplexal segmentでも16%の頻度でAChAが二分岐し (medial perforating branchとlateral plexal branch), medial plexal branchが外側膝状体や視床枕などの神経組織を栄養するとの報告もある (3)。AChAはplexal segmentでは多数のchoroidal branchを分岐するとともに、LPChAとの吻合もみられる (1) (fig 2,3)。Choroidal segmentの末梢が発達した症例では、Monro孔のやや後方でMPChAと吻合する。

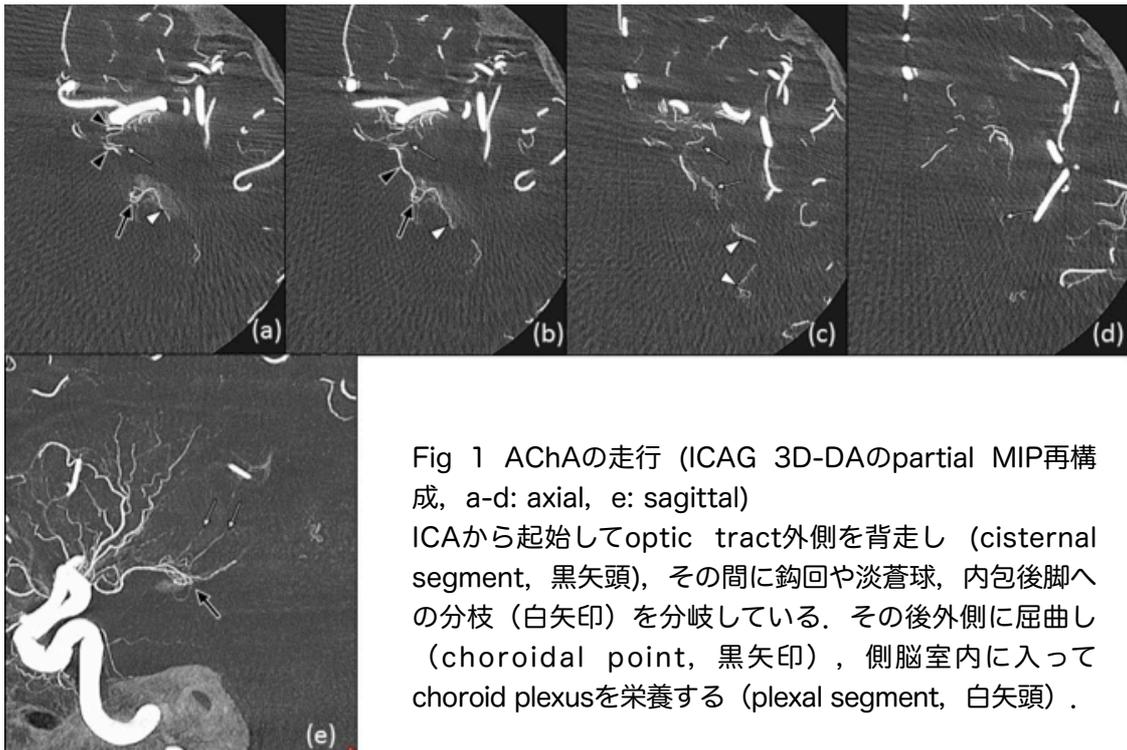


Fig 1 AChAの走行 (ICAG 3D-DAのpartial MIP再構成, a-d: axial, e: sagittal)

ICAから起始してoptic tract外側を背走し (cisternal segment, 黒矢頭), その間に鉤回や淡蒼球, 内包後脚への分枝 (白矢印) を分岐している。その後外側に屈曲し (choroidal point, 黒矢印), 側脳室内に入ってchoroid plexusを栄養する (plexal segment, 白矢頭)。

内側後脈絡叢動脈 (Medial posterior choroidal artery: MPChA)

PCAのinterpeduncular cisternあるいはcrural cisternレベルより起始し、脳幹に沿ってPCAと平行に走行した後に松果体の外側で四丘体槽に入り、中脳や中脳被蓋、視床背側、松果体に細い分枝を出す。この際に神経組織に沿って走行する部分は、血管造影の側面像にてやや前傾の数字の“3”の形態を呈することが知られている (4) (fig 2)。その後、中間帆腔を貫通して第3脳室に入り、plexal segmentとしてchoroid plexusに分布しつつ正中部をinternal cerebral veinとともに脳室上壁に沿って走行してMonro孔に向かい、AChAやLPChAと吻合する。



Figure 2 MPChAの走行 (VAG 3D-DAの partial MIP再構成, sagittal) PCA P1 segmentから起始してPCAと併走し、松果体の外側で四丘体槽に入り、中脳や中脳被蓋、視床背側、松果体に細い分枝を出す。この際に神経組織に沿って走行する部分は、血管造影の側面像にてやや前傾の数字の“3”の形態を呈する (矢頭)。

外側後脈絡叢動脈 (Lateral posterior choroidal artery: LPChA)

PCAのMChA分岐部より末梢のcrural cisternから起始し、PCAと併走した後にchoroidal fissureから側脳室に入る。またさらPCAの末梢側から分岐して、直ちにchoroidal fissureに入るMChAが複数存在することもしばしば見られる (4)。側脳室に入った後は前方に屈曲して側脳室下角に向かいつつchoroid plexusを栄養する。AChAとはreciprocalな関係にあるため、AChoAのplexal segmentが低形成の場合は、LPChAがchoroid plexusの広範囲をsupplyすることになる。またchoroid plexus内では

AChAと複数の吻合を有する (1) (fig 3,4)。

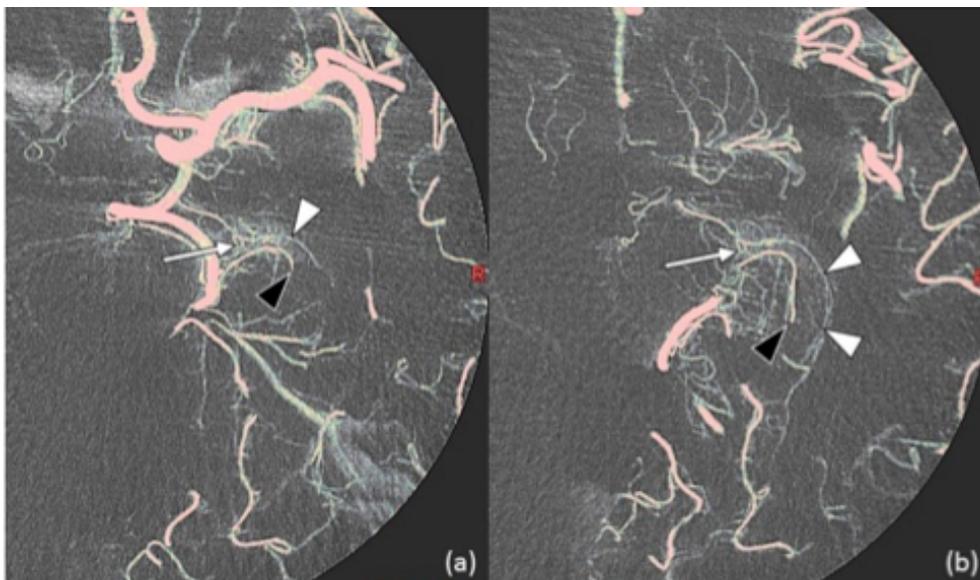


Figure 3 AChAとLPChAの吻合 (fetal type PCAを有する症例のICAG, 3D-DAのpartial MIP再構成, axial) Plexal segmentのAChA (白矢頭) とLPChA (黒矢頭) には複数の吻合が見られる (矢印)

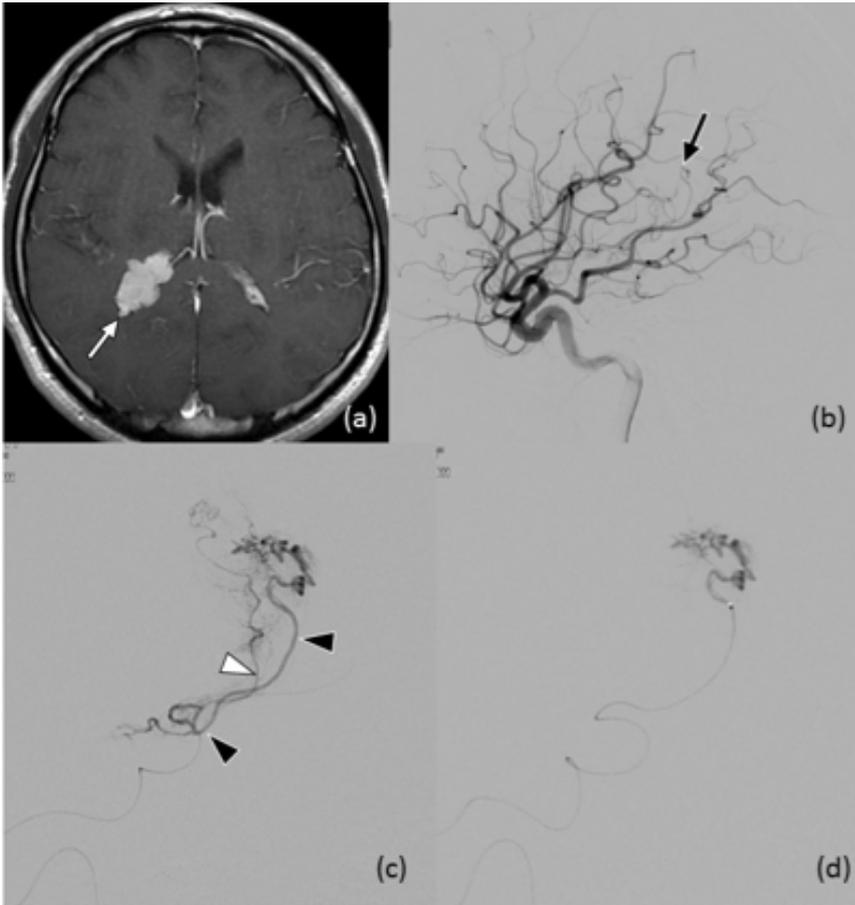


Figure 4 Intraventricular meningiomaの術前塞栓術症例（小倉記念病院 波多野武人先生ご提供による）
 a. Gd(+)-T1WI. 右側脳室後角に濃染されるmassを認める（矢印）.
 b. Main feederはAChAのplexal segment末梢であった（矢印）.
 c. MicrocatheterをAChAのchoroidal pointを超えた部位まで先進させたDSA. AChA plexal segment（黒矢頭）から吻合でLPChA（白矢頭）が描出されている
 d. Microcatheterを吻合部より末梢に先進させて、安全にTAEが施行されている.

第四脳室脈絡叢への動脈（4th ventricular choroidal arteries）

第4脳室のchoroid plexusは、正面視するとアルファベットの“T”を描くように脳室内に分布している。そこへの供血にはAICAおよびPICAが関与し、PICAはcranial loopからchoroidal branchを出し、“T”字の正中側から外側に向けてchoroid plexusを栄養する。AICAはCP angle部からflocculusの近傍でchoroidal branchを出し、“T”字の上外側部からchoroid plexusを栄養する（5）。

Choroid plexusとAChA, PChAの発生学

Choroid plexusは神経管の軸に沿って発達する。最初に発生するのはhindbrain第4脳室内のchoroid plexusであり、引き続いてtelencephalonのlateral ventricle内のchoroid plexusの形成が続き、最後にdiencephalonのchoroid plexusが出現する（6,7）。Diencephalonのplexusは2分岐してinter-ventricular foramen（Monro孔）へ続き、最終的にはtelencephalonのplexusと連続する。Anterior choroidal artery（AChA）が栄養するのがtelencephalic choroid plexusであり、posterior choroidal artery（PChA）が栄養するのがtelencephalicおよびdiencephalic choroid plexusである。Hindbrain choroid plexusはAICAやPICAのchoroidal branchから栄養される（7）。Choroid plexusに分布するcapillary networkは、脳実質のそれとは異なり、endotheliumに薄い膜様構造の形成を伴ったfenestrationを有するとされ、従って水と種々の物質の迅速な供給を可能としているとされる（8）。

Primitive ICAは胎生期4-5mm長の時期には末梢側にcranial division, caudal division, primitive maxillary arteryが明瞭に同定される。Cranial divisionとprimitive maxillary arteryはforebrainとoptic vesicleを栄養し、caudal divisionはmidbrain上を背走してhindbrain上でlongitudinal neural

arteryと交通する(9)。これが後のPComAとなる。この時期はRathke嚢の頭側で対側のcarotid arteryとplexiformな交通を有し、またcarotid arteryとlongitudinal neural artery間の原子血管吻合も同定される。原始血管吻合はcaudal division-longitudinal neural artery間の交通(PComA)、vertebral arteryの発達とともに退縮する。

Cranial divisionはいくつかの分枝を出す、そのうちで最大のものがprimitive AChAであり、choroidal fissureを走行しつつdiencephalonを主に栄養する。末梢ではcranial divisionがolfactory pitに至るまでに、いくつかの小分枝が見られ、それらが後にACAへと分化する。

Caudal divisionの尾側端は3rd nerveの前方で2本の分枝を出し、その一つがposterior choroidal branch(のちのPChA)で前述のprimitive AChAの領域の方向に向かってdiencephalonを栄養する。もう一方がmesencephalonを栄養しつつ、一部は松果体原器に向かう。

これらprimitive AChAおよびPChAはdiencephalon背側で神経管閉鎖部の折り返し(choroidal infolding)に至ってchoroid plexusを栄養する。この時期、AChAは側頭後頭葉へ多くのcortical branchを分岐しており、それらの分布は大脳の側頭後頭葉の発達に伴って次第にcaudal divisionへと移行し、成人型のAChA、PChA、PCAの支配領域が形成される。

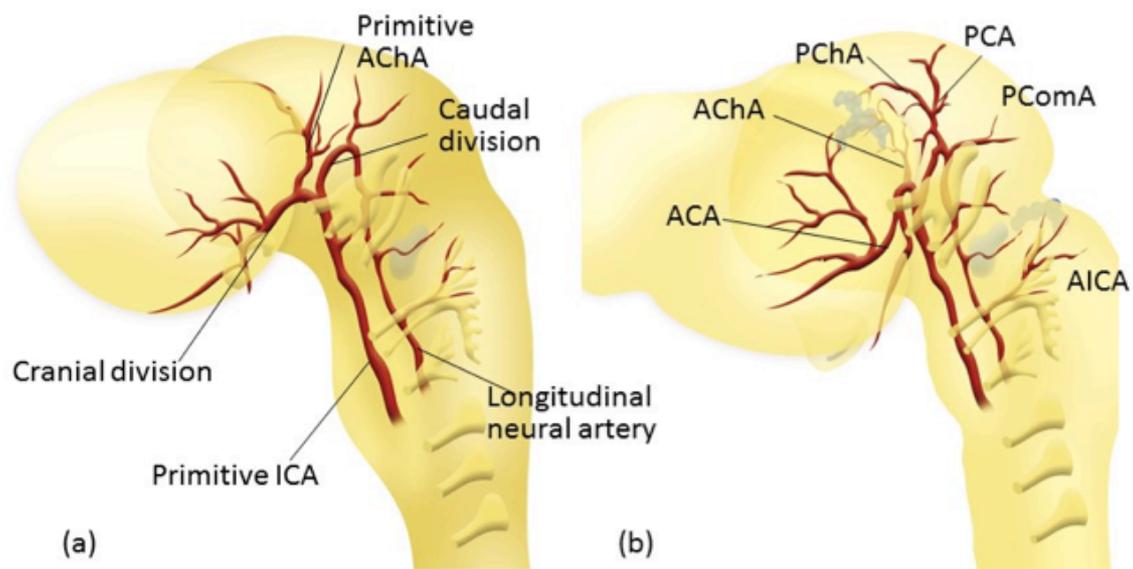


Figure 5 choroidal artery発生過程の概略図

a. Primitive ICAは胎生期4-5mm長の時期には末梢側にcranial division, caudal divisionが同定される。Cranial divisionとprimitive maxillary arteryはforebrainとoptic vesicleを栄養し、caudal divisionはmidbrain上を背走してhindbrain上でlongitudinal neural arteryと交通する。Cranial divisionからのprimitive AChAがchoroidal fissureを走行しつつdiencephalonを主に栄養する。Caudal divisionからのposterior choroidal branchがprimitive AChAの領域の方向に向かってdiencephalonを栄養する。AChAは側頭後頭葉へ多くのcortical branchを分岐している。

b. AChAからのcortical branchは側頭後頭葉の発達に伴って次第にcaudal divisionへと移行し、成人型のAChA、PChA、PCAの支配領域が形成される。

Choroidal arteryの支配領域のバリエーション

前述のAChAの発生過程において、AChAからのcortical branchが優位のまま遺残すると、PComA-PCAのように描出される(10)。hyperplastic AChAやanomalous origin of AChAとしての報告が見られる(11,12)。AChAのcisternal segmentでの神経組織の分枝のうち、近医側から分岐するものが

uncal branchであるが、まれにuncal branchがICAから単独で分岐する症例も存在する（13）。これがAChoAのduplicationとして報告されることもある。

【参考文献】

1. Hussein S, Renella RR, Dietz H. Microsurgical anatomy of the anterior choroidal artery. *Acta Neurochir (Wien)*. 1988;92(1-4):19-28.
2. Furlani J (1973) The anterior choroidal artery and its blood supply to the internal capsule. *Acta Anat (Basel)* 85:108-112.
3. Erdem A, Yaşargil G, Roth P. Microsurgical anatomy of the hippocampal arteries. *J Neurosurg*. 1993 Aug;79(2):256-65.
4. Galloway JR, Greitz T. The medial and lateral choroid arteries. An anatomic and roentgenographic study. *Acta radiol*. 1960 May;53:353-66.
5. Fujii K, Lenkey C, Rhoton AL Jr. Microsurgical anatomy of the choroidal arteries. Fourth ventricle and cerebellopontine angles. *J Neurosurg*. 1980 Apr;52(4):504-24.
6. Lehtinen MK, Walsh CA. Neurogenesis at the brain-cerebrospinal fluid interface. *Annu Rev Cell Dev Biol*. 2011; 27:653–679.
7. Damkier HH, Brown PD, Praetorius J. Cerebrospinal fluid secretion by the choroid plexus. *Physiol Rev*. 2013; 93:1847–1892.
8. Koh L, et al. Development of cerebrospinal fluid absorption sites in the pig and rat: connections between the subarachnoid space and lymphatic vessels in the olfactory turbinates. *Anat Embryol (Berl)*. 2006; 211:335–344.
9. Padgett DH. The development of the cranial arteries in the human embryo. *Contribution to Embryology*. Carnegie Inst, Wash Pub; 207-260,1948.
10. Komiyama M, Morikawa T, Ishiguro T, Matsusaka Y, Yasui T. Anterior choroidal artery variant and acute embolic stroke. Case report. *Interv Neuroradiol*. 2002 Sep 30;8(3):313-6. Epub 2004 Oct 20.
11. Takahashi S, Suga T, Kawata Y, Sakamoto K. Anterior choroidal artery: angiographic analysis of variations and anomalies. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1990 Jul-Aug;11(4):719-29.
12. Nishio A, Yoshimura M, Yamauchi S, Masamura S, Kawakami T, Goto T, Mitsuhashi Y, Ohata K. Anomalous origin of the anterior choroidal artery. *Interv Neuroradiol*. 2009 Mar 31;15(1):73-6. Epub 2009 Apr 15.
13. Uz A, Erbil K, Esmer A. The origin and relations of the anterior choroidal artery: an anatomical study. *Folia Morphol (Warsz)*. 2005 Nov;64(4):269-72.