

脳血管撮影装置を活用した可視化がもたらす効果

大阪警察病院 脳神経外科
明田 秀太

放射線技術科
清本 昌義

泉 夏彦

①放射線技師の立場から

はじめに

当院では更に高度の脳血管内治療を行うために2018年1月にGE社製最新血管撮影装置IGS 630、ならびに、Advantage Workstation4.7(以下AW)を導入し、脳血管内治療のみならず脳外科手術用シミュレーション等、脳神経外科の多領域において活用している。紙面上の静止画では限界があるがその事例を可能な限り紹介したい。

血栓回収術前Cone-beam CT

症例1) 40歳代女性、中大脳動脈閉塞:術前DSAが示す通り左中大脳動脈が閉塞している(図1)。当院では血栓回収術前に希釈造影剤を用いてDelay Timeを18秒、5秒スキャンで3D-Angioを撮影することで、側副血行の有無を評価し、且つ、閉塞部位の近・遠位部を同時描出している(図2)。側副血行を利用した遠位部の造影剤濃度は近位部よりも低いはずであるが良好に描出されており、3D Roadmapを参照しながらの血栓回収デバイス留置も可能である。血栓回収術後の3D-Angio、および術前術後の3DのFusion画像を示す(図3)。血栓回収術後の3D-Angioをtrans

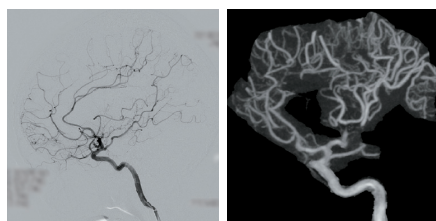


図1. L-ICAG(側面像) 図2. L-ICAG*

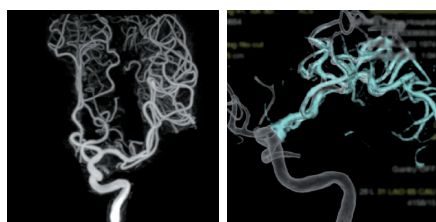


図3-1. L-ICAG(血栓回収後) 図3-2. Fusion画像(血栓回収前後)

lucent(白色)像、術前の3D-AngioをVR(水色)像とし、AWのIntegrated Registration(以下、IR)機能によりFusionすると、元々血栓によって閉塞していた部位が把握できる。AWが持つRegistration機能による表現方法は極めて多彩である。

Intracranial Devices CTおよびMAR(Metal Artifact Reduction)

症例2) 60歳代女性、内頸動脈瘤:内頸動脈瘤のIntracranial Devices CT(以下Device CT)を示す。内頸動脈瘤にmicro catheterが留置され、コイル留置用STENT(Neuroform Atlas)が動脈瘤のネックを十分覆うように留置されている(図4)。Neuroform Atlasは金属量とSTENTストラットの構造により従来装置では画像化が困難だったが、IGS 630ではSTENTが視認できるようになった。MPR画像は術中に簡便にSTENTの詳細構造をより把握しやすい。コイル塞栓術後のMAR処理前後のAxial画像(図5)を示すが、アーチファクト除去は一目瞭然であり、コイル塊直近のステント構造も把握することができる(図6)。

CT、MRIとのFusion

症例3) 60歳代女性、頭蓋咽頭腫:腫瘍と脳実質はMRIから、骨はCTから合成している(図7)。腫瘍摘出にあたり動静脈の配置

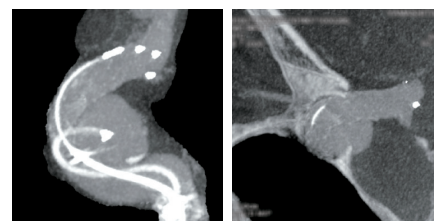


図4-1. L-ICAG Intracranial Devices CT 3D画像 図4-2. L-ICAG Intracranial Devices CT MPR画像

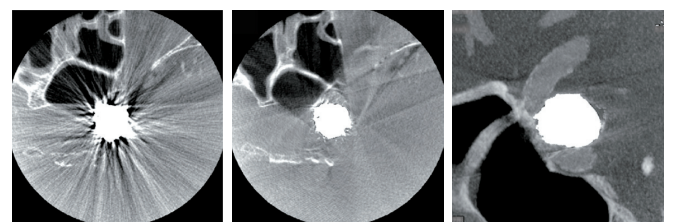


図5-1. L-ICAG Intracranial Devices CT Axial像 (MAR処理なし) 図5-2. L-ICAG Intracranial Devices CT Axial像 (MAR処理あり) 図6. L-ICAG Intracranial Devices CT MPR画像 (MAR処理あり)

*左中大脳動脈(M1)が閉塞しているが、側副血行を介して閉塞した部位を3D上に描出している。

の事前把握、並びに脳実質と骨は侵入経路のシミュレーションに必要である。IR機能が持つ自動位置合わせに加え、最大12個のVolumeまでFusionでき多くの臨床情報を提供できるため、当院ではFusion画像を積極的に活用している。

症例4) 70歳代男性、脳腫瘍：腫瘍はMRIから、骨は3D-Angioのマスク像から合成している(図8)。動静脈の配置や、術野から見た腫瘍前後の血管の位置関係の把握に、骨画像は開頭位置の同定に活用している。尚、血管撮影室において検査後に患者頭部にマーキングを施して頭部単純Cone-beam CTを撮影することにより、マーキングと腫瘍の位置合わせに用いることもある。

症例5) 70歳代女性、頸髄AVF：脳実質および頸髄はMRIから、血管は3D-Angioから合成している(図9)。本例はSAHで緊急来院しAngio検査にて頸髄AVFを発見、後日手術にて結紮術を行った症例である。静止画での表現は極めて難しいが、MRI(T1 CUBE)像で脳実質から頸髄を3D画像化しているところがコツである。MRIでは一般的に2次元画像診断が中心で3D-MRA以外では脳や臓器等の3D表示の概念は少ないようであるが、AWの機能を活用し、T1 CUBE画像から3D化が可能であった。このように、MRIと3D-Angioの3次元Fusion表示はあらゆる可能性を秘めていると考えている。

症例6) 70歳代女性、三叉神経痛：PCA(後大脳動脈)とSCA(上小脳動脈)を色分けして表示している。本症例はSCAの三叉神経接触による神経症状が主訴であり(図10黄色矢印部分)、その診断および術前シミュレーションのためにFusion画像が有効であった。SCAと三叉神経の関係が把握しやすく、且つ、3D表示による任意の角度から観察可能なので内視鏡の侵入経路の探索に非常に有用である。動画だと格段に分かり易いことを付け加えておく。

まとめ

本稿では3D-Angioと他モダリティ画像の連携を主にしているが、技術そのものはCTやMRIのみでも使用可能である。3D-CTAや

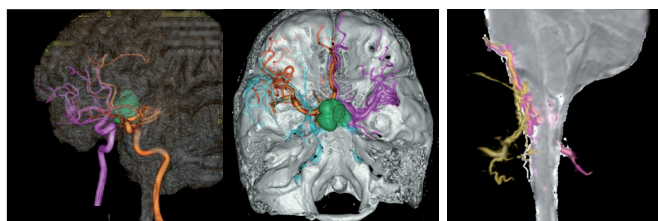


図7. 3D-AngioとCT、MRIのFusion画像

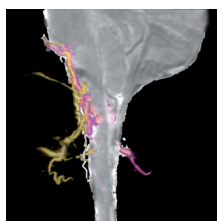


図9. 3D-AngioとMRIのFusion画像

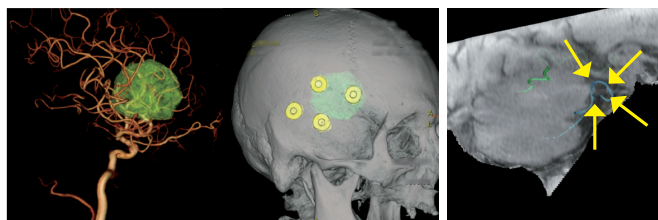


図8. 3D-AngioとMRIのFusion画像

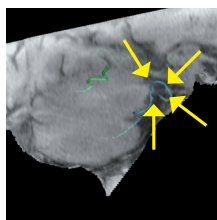


図10. 3D-AngioとMRIのFusion画像
緑色:PCA 青色:SCA

MRAの描出能が発展すれば診断アンギオの必要性が危惧されるくらいに近年の2D・3D表示技術の発展はすこぶる速く、今後に期待したい。当院の技師は一般撮影やHybrid-OR、CT、MRIやRIなど全モダリティをローテートするので、Fusionの観念は自然発生したものである。筆者はもはや一つの分野だけを極める事が必ずしもその分野を極めることには繋がらないのではないかと考えている。最近の画像診断機器の性能は良くなり過ぎて、今後の装置の発展はメーカーの開発に依存するしかない状況である。では技師に何ができるのか。医師の診断や治療に貢献し、たまには医師の想像を超えるような画像を提供しても良い。それができる力は若い技師の柔軟な発想と老練な技師の匠の技のFusionである。

②脳神経外科医の立場から

はじめに

当院は大阪市内中心部に位置するDPC病院Ⅱ群、病床数580床、医師数212名、平均在院日数11.7日、病床稼働率99.2%の地域の中核病院である。脳神経外科には脳神経外科専門医7名、後期研修医他4名の計11名が所属し(脳神経血管内治療学会専門医2名、脊髄外科学会認定医2名、神経内視鏡学会認定医1名のサブスペシャリティを含む)、脳血管障害、脳・脊髄腫瘍、脊椎疾患と幅広い領域においてその専門性を活かした治療を行っている。

脳動脈瘤に対するステント併用塞栓術における可視化

近年は手術治療の低侵襲化が進み、脳神経外科領域においても脳血管内治療が多く選択され、未破裂脳動脈瘤においてはワイドネック脳動脈瘤に対するステント併用コイル塞栓術が広く行われるようになった。ステント併用塞栓術ではステントの留置血管への密着が重要であり、密着不良(incomplete stent apposition)は血栓性合併症のリスクとなる。留置ステントの描出は術後の抗血栓療法との投与計画や、特に動脈瘤ネック部に展開されたステントの描出はネック近傍のコイル塞栓に際して有益な情報となる。

ネックブリッジステントの一つであるStryker社のNeuroform Atlasはステント留置しやすく、屈曲した血管への密着も良いとされるが、金属量とステントストラットの構造により画像化が困難なデバイスでもある。

従来装置と比較して透視やDSA画質が向上し、さらに3Dに関しても最新のアプリケーションを搭載したIGS 630を用いたNeuroform Atlasの可視化では、5-8%に希釈した造影剤を用いて、13秒間の3D撮影を行って得られた画像よりステントの展開具合や血管壁への密着度を確認している。また、当機種(AW-VS7)からは頭蓋内ステント描出専用の新たな画像再構成機能が付加され、短時間で良好な画像化が行えるようになった。

代表症例を提示する(症例1)。70歳代女性、両側に大小二つの

共にワイドネックの脳底動脈瘤があり(図11)、両動脈瘤ネックをステントがカバーするbulging法を併用したNeuroform Atlasを用いたステント併用塞栓術を計画した。動脈瘤ネック間の脳底動脈の血管径に合わせたステントを留置した後に8%造影剤による3D撮影を施行したところ、両側の動脈瘤のネックにステントがバルジングして留置血管に密着し、両動脈瘤のネック部が十分にカバーされていることを鮮明に確認することができた(図12)。左右の動脈瘤に対してステント経由でマイクロカテーテルを誘導して瘤内塞栓を行った。その際、留置ステントをマッピングした3D Roadmap(Innova Vision2)を併用することでステントの位置を透視上で確認することが可能であった(図13)。術中、マイクロカテーテルのステント通過や瘤内塞栓中のステント内へのコイル逸脱がマップ上にステントが表示されることで容易に確認でき、瘤内塞栓ができた。本症例ではNeuroform Atlasのネックブリッジステントとしての高いパフォーマンスと、これを鮮明に描出しその評価を可能とした画像支援により、二つのワイドネック動脈瘤の同時治療を行うことができた。

動脈瘤塞栓術後の留置ステントの画像化は極めて困難でコイル塊から大きなアーチファクトを引いてしまうが(図14a)、これを金属アーチファクト抑制機能:MAR(Metal Artifact Reduction)を用いると、コイル塊の間のステント構造に加え、ステントマーカーからのアーチファクトも抑制された良好な画像を得ることができた(図14b)。術後6か月のフォローアップDSAで両動脈瘤の完全閉塞を確認した(図15)。この機能は術後フォローアップにおけるステント近傍での動脈瘤再発の評価や、再治療時におけるマイ

クロカテーテルの瘤内誘導に対してその有用性が期待される。

脳血管撮影装置を活用した可視化による直達手術の術前シミュレーション

脳血管撮影装置から得られた画像をCTやMRIの画像とfusionさせて得られる画像を直達手術の術前シミュレーションに活用し、頭蓋内病変部を頭蓋外から内へと可視化することができる。円蓋部髄膜腫の一例を提示する(症例2、図16)。3D撮影から得られた内頸動脈動脈相、同静脈相、外頸動脈動脈相、頭蓋骨と頭皮上のマーカー、CTから得られた腫瘍陰影をfusionさせて得られたのが図8である。更にMRIとのfusion画像から腫瘍硬膜附着部近傍で脳皮質静脈が硬膜内へ流入していることが確認できた(図17、18)。これより開頭を担当するレジデントは適切で最小限の開頭範囲と皮膚切開の位置やデザインを術前に検討し(図19a)、術者は腫瘍硬膜附着部近傍の硬膜内静脈に注意して硬膜切開を行って腫瘍を内減圧し、視野が確保できたところで、硬膜内静脈側の硬膜処理を行うという治療計画を助手と共に共有しシミュレーションすることができた(図19b)。本症例では開頭術前に腫瘍塞栓を行い開頭手術にて腫瘍を全摘出した(図20)。

おわりに

脳血管撮影装置を活用した可視化によって、脳血管内治療にとどまらず直達手術においても治療戦略の立案や術前シミュレーションを行うことができ、術者と助手の間で情報共有することで更に安全で確実な治療を実施することができると考えられた。



図11. 左椎骨動脈撮影正面像



図12. 8%造影剤を用いた3D撮影、両側の瘤にステントがバルジングして留置されネック部が十分にカバーされている

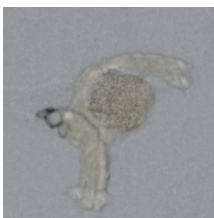


図13. 留置ステントをマッピングした3D Roadmapステント内へのコイル逸脱の様子

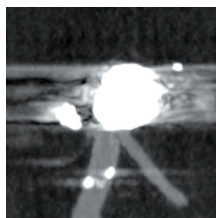


図14a. MARなし

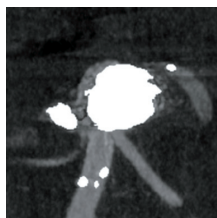


図14b. MAR使用時



図15. 術後6か月のフォローアップDSAで両動脈瘤の完全閉塞を確認

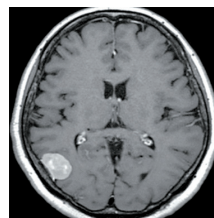


図16a. 円蓋部髄膜腫造影MRI axial像

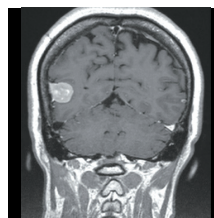


図16b. 円蓋部髄膜腫造影MRI coronal像

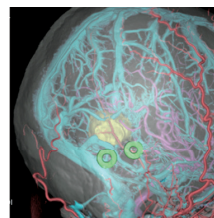


図17. 脳血管3D撮影、造影CTでの腫瘍陰影、頭蓋骨とマーカーのfusion画像

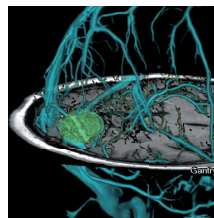


図18. 脳血管3D撮影、造影CTでの腫瘍陰影とMRI

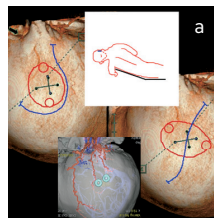
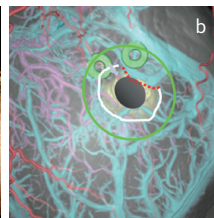


図19. 可視化されたfusion画像による術前シミュレーション a: レジデントによるシミュレーション



b: 術者によるシミュレーション

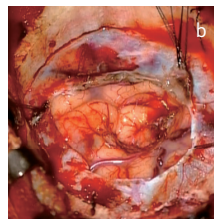
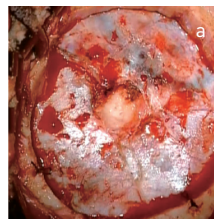


図20. 開頭術中写真 a: 開頭後 b: 腫瘍摘出後