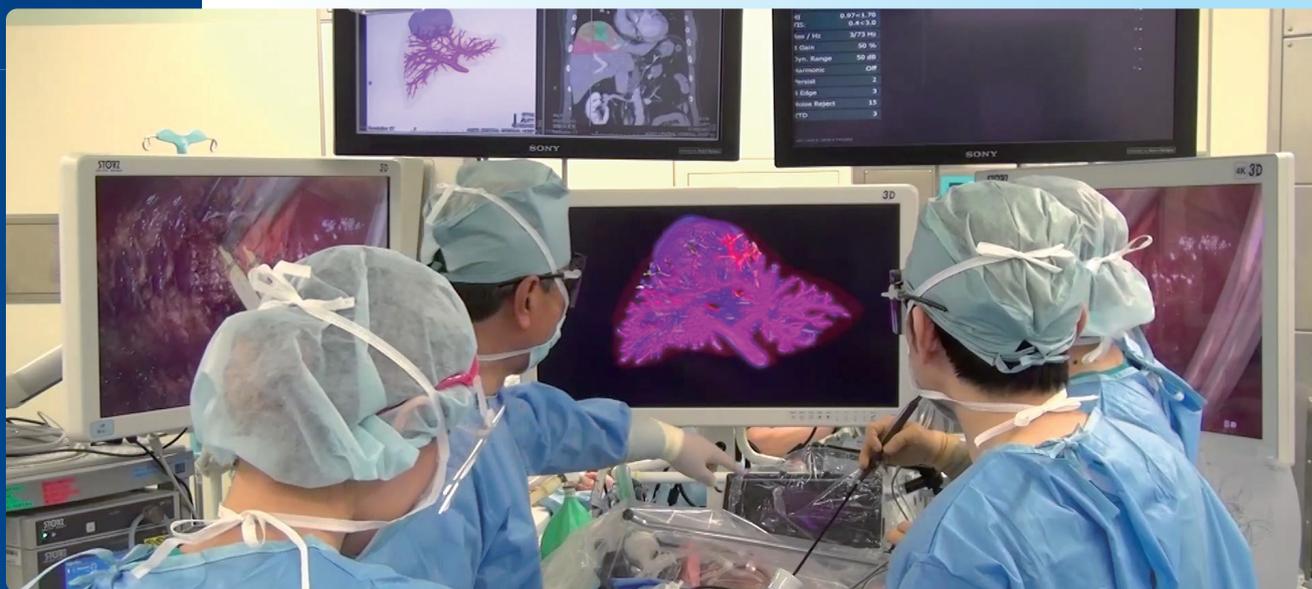


腹腔鏡下 Glissonean Approach を安全に行うための

# 術中 3D 画像 Stereo Navigation

3次元情報を共有してチームで挑む



**座長**

国立国際医療研究センター  
理事長

**國土 典宏氏**



**演者**

上尾中央総合病院  
肝胆膵疾患  
先進治療センター長

**若林 剛氏**

第33回日本肝胆膵外科学会定期学術集会  
アフタヌーンセミナー 10

日時：2021年6月3日（木）15:10～16:00 / ウェブ開催

これまで、肝臓領域における亜区域切除などの高難度手術を対象に、幾つかの手術支援システムが開発されてきた。その中で昨年（2020年）10月に薬事認証された汎用画像診断装置ワークステーション用プログラム「アトリナ」は、執刀医が求める術野の2次元（2D）および3次元（3D）画像を直感的な操作で再構築表示でき、術前シミュレーション、術中ナビゲーションなどへの活用が期待されている。第33回日本肝胆膵外科学会定期学術集会のアフタヌーンセミナー（座長：国立国際医療研究センター理事長・國土典宏氏、共催：アミン株式会社）では、上尾中央総合病院（埼玉県上尾市）肝胆膵疾患先進治療センター長の若林剛氏が登壇。腹腔鏡下肝切除において Glissonean Approach を実施した際の動画を用い、アトリナの活用法について解説した。

## 高難度の肝臓手術をナビゲートするアトリナ

### ■ 執刀医が求める3D画像を簡便、瞬時に表示

血流量が豊富で肋骨に囲まれるように位置している肝臓や肺において、細かな手技を要する手術を行うに当たり、執刀医には十分な経験が求められる。そうした複雑な手術時の安全性を担保するため、術野の3D画像表示など幾つかの手術支援システムが開発され、術前シミュレーションや術中ナビゲーション、患者へのインフォームドコンセントなどに活用されている。肝臓・肺領域などへの3D画像による手術支援システムの導入は、診療報酬加算の算定対象にもなっている。

こうした中、昨年10月に汎用画像診断装置ワークステーション用プログラム「アトリナ」が薬事認証された。

アトリナを使用する際は、まず汎用画像診断装置ワークステーション(ziostation2)を用い、患者のCTやMR画像などから3D画像を作製する。その上で、アトリナをインストールした汎用型のパソコンやタブレット端末に、作製した3D画像データを取り込んで表示させる。

主な機能として、①臓器および脈管の表示、非表示、半透明化②臓器画像の回転、移動、拡大、縮小表示③立体画像表示による臓器の奥行き情報の確認④臓器の断面表示⑤ポロノイ法による門脈などの支配領域計算表示⑥3D画像と2D画像の位置情報のリンク⑦2D画像の連続ビューイング対応—などが挙げられる。

最大の特徴は執刀医が求める角度や大きさで臓器および脈管の画像をその場で簡便かつ瞬時に表示できる点だ。手術寝台横にアトリナをインストールしたタブレット端末

を設置し、術野に応じた3D画像を任意の方向から再構成表示すると、リアルタイムナビゲーションが可能になる他、タブレット端末の液晶画面を滅菌透明シートで覆えば、執刀医が画面を直接操作できる。

### ■ 立体画像により位置関係が明瞭に

アトリナをインストールした端末に3D立体視モニターを接続すれば、3D画像をモニターから浮かび上がる立体画像として観察することも可能となり、臓器や臓器内の脈管の前後位置関係、あるいは門脈、静脈と腫瘍の位置関係を空間的に明確に認識できる。

こうした機能により手術チーム内で画像情報が共有でき、各スタッフが手術進行の先を読んで適切なアクションを自発的に行える。

### ■ 手術教育へも応用可能

アトリナは、術前シミュレーションや術中ナビゲーションにおける利便性が高く、手術教育にも応用できる。研修医や若手医師などの技術の向上および均霑化にも適しており、より安心かつ安全な手術への貢献が期待される。

### ■ 上尾中央総合病院でのルーチン使用

上尾中央総合病院では、年間約60例の肝切除術が行われている。その多くが腹腔鏡下での高難度手術であるが、腹腔鏡下での全ての手術にアトリナを活用している。

また、同院は2019年にアトリナの画像を3D立体視モニターに表示させ、術中立体視ナビゲーション(Intraoperative Stereo Navigation)を世界に先駆け実践した施設でもある。肝臓内を交差する複雑な血管走行が手に取るように分かり、スタッフとも情報共有できるので、高難度でも安心安全な手術ができるという。

## 3D画像による安全な環境下で実施した Glissonean Approachによる肝細胞がん切除の2例

腹腔鏡下で肝門部からGlissonean Approachにより解剖学的肝切除術を行う際は、グリソン系脈管の分岐の状態を3D画像で確実に観察することが望ましい。当院ではこうした状況において、アミン社の術前/術中のシミュレーション/ナビゲーションソフト「アトリナ」を活用している。本日は、肝細胞がん患者2例に対してアトリナで表示した患部の3D画像を用い、安全に実施した腹腔鏡下でのGlissonean Approachによる解剖学的肝切除術について、術中ビデオを交えて解説する。

### 症例1 S7およびS8 dor解剖学的肝切除術

#### ■ 右肝静脈をかき上げるような肝切除を計画

症例1は肝細胞がんの76歳男性である。B型慢性肝炎

のため当院消化器内科でフォローアップしていたが、クイノー分類のS7に肝細胞がんが発見され、経皮的ラジオ波焼灼療法(RFA)を施行した。しかし、6カ月後のCT検査でRFA治療部に局所再発所見が認められ、当院外科にコンサルト依頼となった。

耐術能として心肺機能に問題はなく、肝機能を示すChild-Pugh分類は肝切除可能なA(5点)、肝障害度(Liver damage)は比較的軽度のA、インドシアニングリーン15分停滞率(ICGR15)は14%であった(図1)。

術前シミュレーションでは、S7に加えS8背側(dor)からも腫瘍に栄養を供給していると考えられたため、S7およびS8 dorの解剖学的肝切除術を計画した。S5およびS6のグリソン系脈管(G5、G6)に隠れるようにS7のグリソン

系脈管(G7)があり、S8 dorのグリソン系脈管(G8 dor)は右肝静脈が中枢側から肝実質に達した部分に存在していた。そこで、G5およびG6を固定した後に離断を開始し、右肝静脈を下から上にかき上げるような形で腹腔鏡下肝切除術を行うこととした。

手術はアトリナをインストールしたタブレット端末と3D立体視モニターを接続し、患部を立体視して行った。また、タブレット端末の液晶画面を滅菌透明シートで覆い、適宜3D画像を回転、拡大、縮小した。

なお、当院では出血量を抑えるために、プリングル法をルーチンに用いている。

### ■シミュレーション通り グリソン切除直後に右肝静脈の背側が出現

まず、腹腔鏡下で中肝静脈を露出させるに当たり術野を良好に確保するため、ほぼ完全に肝臓を授動した。次に肝門域を開き、G6またはG5とみられる部分を避けてG7とその末梢にあるG6との分岐部分に到達。G7の根部を切除した。

続いて、右肝静脈側から腹腔鏡を進めていくと、2cmほどのG8 dorがあり、変色域が認められた。丁寧に見ていくと、右肝静脈の上部にG8 dorの根部が確認できた。なお、事前にシミュレーションをしたアトリナの3D画像では、術野の目視像とほぼ同様の画像が示されていた。

この段階でICGを体内に注入し、赤外線カメラで血管などを観察するICG蛍光法を開始。最初はプリングル法を行わずに、G8 dorの変色域の切除を試みた。その後、術野を背側に移動したのに合わせ、アトリナの3D画像も回転させて腹腔鏡画像と同じ角度にした。

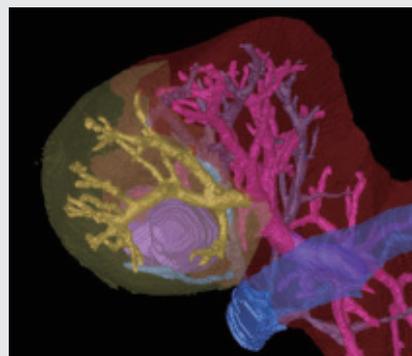
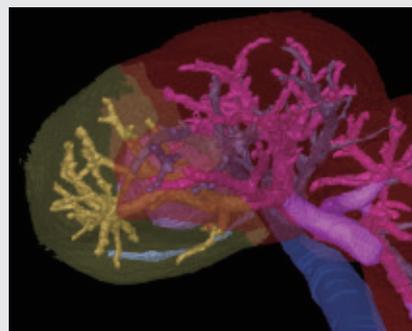
右肝静脈の根部を探っていくと、アトリナの術前シミュレーションで想定された通り、G8 dorを切除した瞬間に右肝静脈の背側が出現した(写真1)。シミュレーション画像と一致するのは当然とはいえ、精度の高さにあらためて感心した瞬間であった。

最終的に、右肝静脈の根部およびそこから分岐するV7が認められた。今回の解剖学的肝切除術では重要な場面の1つだが、ここでもアトリナのシミュレーション通りにV7をはっきりと同定でき、問題なく切除した。

やや手技が煩雑な手術だったが、出血もそれほど多く

写真1

アトリナを用いて回転させた3D画像(上、中)と腹腔鏡下の右肝静脈背側(下)



なく、無事に終了することができた。

### 症例2 S4aおよびS8 解剖学的肝切除術

#### ■腹腔鏡下で巨大な腫瘍を切除

症例2は肝細胞がんの65歳男性である。人間ドックの腹部超音波検査で肝右葉の低エコー病変(low echoic lesion)を指摘され、精密検査目的で当院を紹介受診した。

CT検査でS8を中心とした早期濃染および陰影欠損(wash out)を伴う7cm大の腫瘍が認められ、肝細胞がんと診断し手術施行となった。耐術能として心肺機能に問

#### 図1 症例1：76歳男性 肝細胞がん

##### 現病歴

- B型慢性肝炎で消化器内科フォローアップ中
- 2019年8月にS7の肝細胞がんに対しRFA施行
- 2020年2月(術後6カ月)のCT検査で治療部に局所再発初見が認められ、外科コンサルト

##### 既往歴

- 左鼠径ヘルニア(2007年)
- 前立腺がん(2011年)

##### 耐術能

- 心肺機能問題なし
- Child-Pugh A(5点)
- Liver damage A
- ICGR15 14%

#### 図2 症例2：65歳男性 肝細胞がん

##### 現病歴

- 2021年3月に人間ドックでの腹部超音波検査で肝右葉にlow echoic lesionを指摘され、精密検査目的で紹介受診
- CT検査でS8を中心とした早期濃染、wash outを伴う7cm大の腫瘍が認められ、肝細胞がんの診断で手術施行の方針

##### 既往歴

- 高血圧
- 糖尿病

##### 耐術能

- 心肺機能問題なし
- Child-Pugh A(5点)
- Liver damage A
- ICGR15 10%

題はなく、Child-Pugh分類はA(5点)、Liver damageはA、ICGR15は10%であった(図2)。

本症例では、腹腔鏡下でS8およびS4腹部側のS4a切除を計画した。術前の検査ではS4a側のグリソン系脈管(G4a)が4本あると想定され、うち3本を肝門部から切除し、背側(G4b)は温存する方法を検討した。また、S5のグリソン系脈管(G5)も3本温存し、そこへ隠れるように位置するS8の背側グリソン系脈管(G8c)の根部も肝門部から切除することとした。

症例1と同様、アトリーナをインストールしたタブレット端末と3D立体視モニターを接続して手術に臨んだ。

### ■ intersegmental planeに沿った、スムーズな手術

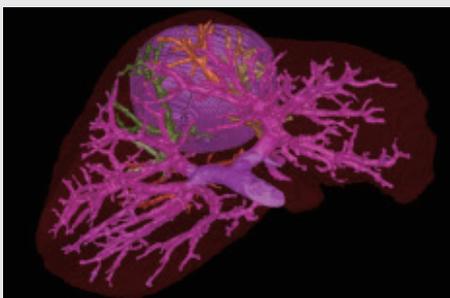
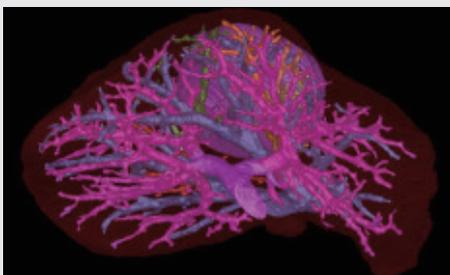
実際に腹腔鏡下で観察したところ、10cmを超えるドーム状の巨大な肝細胞がんが確認でき、腹腔鏡下肝切除術が可能な上限に近い大きさと考えられた。

症例2では手術スタッフに新任の医師が複数おり、3D画像を用いて普段よりも綿密に手技の確認を行った。

まず、G8c処置前にICG投与による術野全体の染色を避けるため、3D画像を表示させながら腹腔鏡下で変色域を目視しG4aの本幹を同定、G4aを2本切除した。

写真2

アトリーナを用いて表示した腫瘍(上)と余分な肝静脈類を消去した3D画像(中)およびG5の変色域



続いてレネック皮膜を剥離しつつS4の基部に進む。グリソン系脈管と肝実質を固定するアンカーが出現したので、これをクリッピングしてS4を切除した。

次に、G5およびG8cを目指し中肝静脈の下をくぐるように前後区域の境界に進む。他の区域のグリソン系脈管が傷害されやすい部位であるため、3D画像で不要な肝静脈類を消去して位置を確認、G5を露出させクリッピングし変色域も目視により確認した。するとG5およびG8cの境界が明確に認められ(写真2)、3本のG5を避けてG8の根部が切除できた。さらにG4に戻り、3D画像を確認しながら、もう1本のG4aの処置を行った。

最後はICG蛍光法を用いたS8の切除である。まず温存したG4bおよびG5が染色されていることを目視し、3D画像で腫瘍部分を消去して肝静脈のみを表示させ位置を確認した。なお、以前は肝表面をマーキングしていたが、画像精度が向上し、そうした処置は不要になった。

次いで、肝区域の境界であるdemarcation lineに沿って肝臓を切除していく(写真3)。その後、肝実質のintersegmental planeに入ると、スムーズに手技が進められる。中肝静脈の根部から右肝静脈をたどってS8 dorに分岐して流入するV8に到達した後、複数本の右肝静脈とS8を切除した。

intersegmental planeに的確に入ることによって、余分な血管類の切除が回避できれば、プリングルをリリースしても出血量はかなり抑えられる。症例2の腫瘍は巨大で数年前であれば腹腔鏡下での切除は困難だったと思われるが、術後の合併症や出血もなく1週間程度で退院した。

### ■ 3D画像+ICGカメラで高難度手術がより安全に

肝臓の脈管の分岐が正確に確認できるような3D画像Stereo NavigationシステムおよびICGカメラの進歩は、術中に執刀医が切除部分の判断に迷う場面などで大きな助けとなる。手術の精度や安全性を高める上で、これらの機器は今後ますます重要性を増すだろう。

写真3 ICGによって染色されたdemarcation line



(図1、2および写真1~3とも若林剛氏提供)

