

# MRガイド下ナビゲーションサージャリーによる肝臓がんの治療

# MRガイド下ナビゲーションサージャリーによる肝臓がんの治療

乳腺・一般外科 病院教授 来見 良誠

X線診断装置が開発されてから、画像化された生体情報が手術に応用されるようになり、その後、CTやMRIが導入されると、精度の高い画像情報によってより安全に手術が行えるようになりました。滋賀医科大学では、2000年に導入された開放型MR装置を使って、手術中にリアルタイムの生体情報を画像化するナビゲーション手術システムを開発、より安全確実な治療を行っています。

## リアルタイムにMR画像を確認しながら手術を安全、確実に行う

ナビゲーション手術とは、車のナビゲーションと同様に、リアルタイム画像診断装置を使って、手術室で現在行っている手術の全体像を把握しながら、今何をしているか、どこにいるか(手術機器がどの位置にあるか)を容易に認識できるようにしたシステムです。

治療の対象となる腫瘍や血管の位置、手術器具の位置などを正確に画像で表示し、また患者さんの生体情報をリアルタイムで確認しながら治療を行うことで、より安全確実に、そしてより患者さんにとって負担の少ない手術を行うことが可能になります。

リアルタイム画像診断装置には、超音波装置やX線透視、放射線同位元素(RI)、内視鏡、開放型MR装置などがありますが、X線や

## より確実に腫瘍を治療するMR下マイクロ波凝固療法

肝臓がんの外科的治療は(1)手術(2)経皮的局所療法(エタノール注入療法やマイクロ波・ラジオ波焼灼療法など)(3)肝動脈塞栓が3本柱になっています。

手術によって患部を切除する方法に対して、1990年代に登場した局所療法では、エタノールや酢酸を注入してがん細胞を壊死させたり、ラジオ波やマイクロ波によってがん細胞を熱で破壊する治療が行われるようになりました。エタノールや酢酸による変性療法に比べて再発率が低いことから、穿刺針を経皮的に、あるいは内視鏡を用いて腫瘍に刺して、マイクロ波でがん細胞に熱を加えて壊死させる超音波ガイド下マイクロ波凝固療法が、現在多くの施設で行われています。

本学では、このマイクロ波凝固療法をMR下で行うIVMRを、これまでに300例近く行ってきました。

血管が複雑に入り組んでいる肝胆膵領域においては、詳細な画像や立体構造を表示し、解析する技術の実用化が長く待たれていました。このMR術中ナビゲーションシステムによって、腫瘍の正確な位置のほか、重要な神経や血管の位置、さらには手術の進行とともに変化する腫瘍やその周辺組織の状態を、リアルタイム画像で確認しながら、神経や血管を傷つけることなく、病変部を残らず治療することが可能になりました。

超音波では一度マイクロ波やラジオ波を照射して、がん細胞が凝固し始めると、細胞が見えなくなってしまうという欠点がありましたが、MRなら画像を見ながら何度でも針を刺して、残すことなく、確実に腫瘍を凝固

RIは放射線被曝があるため、手術中のナビゲーションシステムには適しません。また超音波装置は、骨や空気の影響によって画像が欠落して死角ができることがあります。

内視鏡は臓器などの表面情報をリアルタイムに可視化できるため、ナビゲーションに適しています。臓器内部の情報を可視化できるMR透視による高精度ナビゲーションを併用することで、相互の情報を補完することができます。

滋賀医科大学では、2000年に導入された開放型MR装置を、手術中にモニタリングとして使用することで、術前と同じように精度の高い画像をリアルタイムで確認しながら、手術を安全かつ確実に行うためのMR術中ナビゲーションシステムを開発し、実際の手術に応用してきました。

円筒型をした従来型のMR装置に対して、開放型MR装置には磁石が上下に分かれた

することが可能です。

また、呼吸などの影響で頻繁にターゲットとなる腫瘍の位置が移動しても、確実に針を刺すことができます。

IVMRでより確実な治療が行えるようになったことよって、5年生存率が超音波ガイド下マイクロ波凝固術の全国平均50%に対して、本学では70%と飛躍的に向上しました。

## さらなる安全性の向上、他の臓器への応用にも取り組む

本学では、さらなる治療成績の向上や低侵襲化をめざして、さまざまな取り組みを行っています。

その一つフットプリント機能は、ターゲットとなる腫瘍が完全にマイクロ波によって凝固できたかどうか、治療の完成度合いを画像化するシステムです。治療が済んだ領域を順次、表示していきます。

さらに磁場内で使える内視鏡を導入して、肝臓に針が刺されるまでの表面画像を内視鏡



水平型と、垂直に立てられた垂直型の2種類があり、本学にあるのは世界でも十数台しかない垂直型の装置です。

水平型は磁石と磁石の間隔が狭いため、ごく簡単な治療しかMR下で行うことができませんが、垂直型は磁石と磁石の間の約60センチの空間を利用して、画像を撮影しながら手術や治療を行うことができます。

MR環境下では手術室が磁場空間となるため、通常の手術機器が使用できないことが問題となります。そのため、滋賀医科大学では磁気の影響を受ける金属製の機器に代わって、チタンや樹脂などの素材でできた機器の開発にも取り組んできました。例えば本学で開発された磁場空間で使えるマイクロ波デバイスは、60℃以上の熱で組織を固定しながら切除できるため、止血が不要で、一般手術でも利用が拡大することが期待されています。

で捉え、針が刺さった後はMR画像によるナビゲーションが利用されています。針を刺す位置を決めるターゲットインジグの短縮化を図るため、穿刺支援ロボットも導入されました。

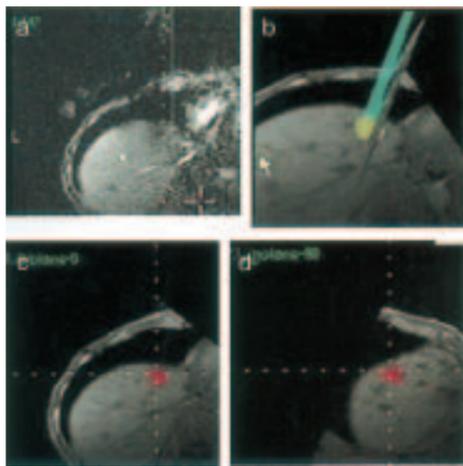
リアルタイム画像とともに、術前に撮影した詳細なMR画像から構築した3D立体画像(バーチャル画像)を表示することで、ナビゲーションの精度を高めるソフトも独自に開発しました。手術室では、MRバーチャル画像、MRリアルタイム画像、ナビゲーション用画像、内視鏡画像を同時に表示して、手術を安全確実に誘導しています。

MR装置では温度変化を表示することもできるため、マイクロ波凝固療法の際には2秒ごとにモニターして、がん細胞を変性させるだけの十分な温度に達しているかを視覚化できます。

また、新しい画像表示システムSpin Volume Imageの開発にも取り組んでいます。このシステムでは、画像処理によって、これから切断しようとしている組織の切断面の画像を表示することで、重要な血管などの損傷を避けることができます。

現在、手術器具の先端にセンサーを搭載して、切除する方向の3D断面画像を表示するScisero Scopeを開発、臨床前段階にあります。

本学では、このMR下ナビゲーション手術によって、肝腫瘍以外に、骨盤内再発腫瘍や頸部腫瘍、皮下腫瘍などへのマイクロ波凝固術も行っています。今後は、さらなる治療精度の向上と安全性を重視しながら、ナビゲーション手術の他の臓器への応用を検討していく予定です。



MRリアルタイム画像と再構成仮想画像、内視鏡画像、ナビゲーション用画像によるMRナビゲーション。  
a:リアルタイム画像  
b:ナビゲーション画像  
c:内視鏡画像  
d:仮想画像