A decorative graphic consisting of several thin, vertical, light blue lines running down the center of the page. In the middle of these lines is a solid orange circle with a subtle drop shadow.

巻頭特集

香川大学医学部附属病院の先端医療

手術室

手術棟完成
多彩な最新機能・
手術室数の増加



手術部 部長(准教授)
うすき ひさし
白杵 尚志

大学病院の使命でもある最新手術や高難度手術への対応を可能にする手術棟が新たに完成しました。手術室は12室に増え、急性期医療の最先端となる新しいさまざまな機能を備えています。ここではその代表的な機能の幾つかを紹介します。

鏡視下手術・ロボット支援手術用手術室 (写真1)

鏡視下手術は体に負担の少ない手術として知られています。この手術を円滑に行うための、特化した部屋を4室設けました。その中の1室は、増加の一途にあるロボット支援手術



写真1 鏡視下手術・ロボット支援手術用手術室

が、余裕を持って行える広さと、独特の構造を有しています。

ハイブリッド手術室 (写真2)

心臓弁・大動脈疾患の血管内治療は、従来の手術と比較して体への負担が格段に小さいことから広がりを見せています。この治療を快適に行う機能と、手術室としての高い安全性を備えた部屋がハイブリッド手術室です。前述の疾患に対する手術に使用することを第一の目的としていますが、最新式の血管X線撮影装置と特殊な手術台の組み合わせは国内でも珍しく、さまざまな分野への応用が期待されます。

術中 MRI (核磁気共鳴画像法) 手術室 (写真3)

脳腫瘍などの手術は、病変の正確な位置を確認しながら行わなければなりません。これに対応するために MRI 撮影装置を備えた手術室を完備しました。従来のナビゲーション装置と併用して、より緻密な診断を行い、根治性が高く、しかも機能温存に優れた手術が行えます。

バイオクリーン手術室 (BCR) (写真4)

体内に人工材料を埋め込むような、特別な清浄度が必要



写真2 ハイブリッド手術室

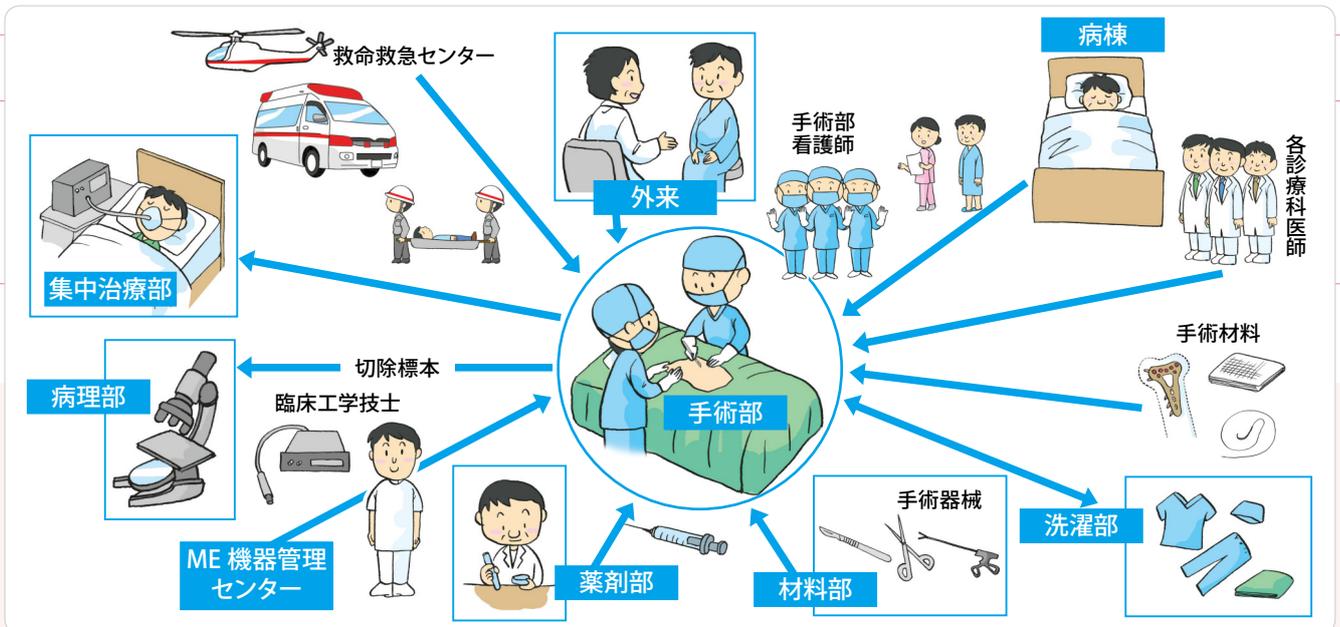


図 手術部は急性期医療のいわば心臓部です。多種類の、極めて多くの人、物が行き交い、これらが有機的、機能的に組み合わさって、その役割を果たしています

な手術に用いるのがバイオクリーンルーム（BCR・超高性能エアフィルタを天井部に備えた手術室）です。従来の1室から2室に増え、同時に臓器移植手術にも対応しやすい構造になっています。

陰陽圧可変手術室

大学病院の機能の1つとして、まれながら特殊な感染疾患を持つ患者さんの手術を行うことがあります。その際に用いるのがこの部屋です。この部屋の存在は、手術部全体の清浄度を保証することにもつながっています。

麻酔準備室・回復室

手術までのスムーズな流れと、手術直後の安全性向上の観点から麻酔準備室と回復室を整備しました。手術前後の移動が最小限となり、安全で快適な手術医療が行えます。

患者さんの快適性を求めて

手術を受ける患者さんにとって手術部内は緊張を強いられる場所です。緊張を極力和らげるように、全体を穏やかな色調でまとめました。また、手術中の快適温度が患者さんと執刀医では7℃以上異なることに配慮し、患者さんへ向かう空気温を高く、執刀医用に向かう空気温と異なる温度とする空調機を整備しました。

最新機能を支える周辺設備

紹介した手術室としての高い機能、安全性、快適性を支えるのは、通常は目に触れにくい手術室周囲の構造や、機器の供給部門である材料部など他部門との関係です。全国、そして海外の多くの手術室を参考に、最新機能を整え、独自の工夫を加えて、快適性、安全性、高機能を併せ持つ手術環境を整えました。



写真3 術中MRI（核磁気共鳴画像法）手術室



写真4 バイオクリーン手術室（BCR）

腎臓がん・前立腺がん・膀胱がん

手術革命、遂に訪れたロボット時代



泌尿器・副腎・腎移植外科
科長（准教授）
すぎもと みきお
杉元 幹史



泌尿器・副腎・腎移植外科
助教
つねもり ひろゆき
常森 寛行

理想的な手術とは？

理想的な手術とはどのようなものでしょうか？ 病気をきちんと治すことです。その上でなるべく元の機能を温存できること。例えば前立腺の手術であれば尿失禁が少ないこと。さらに勃起機能が保たれるというようなことも、生活の質を維持するという点から非常に重要です。さらに傷跡が目立たず、手術後の痛みも少なく、社会復帰が早くできる。そのような手術が患者さんや私たち医療者が望む理想の手術だと考えます。

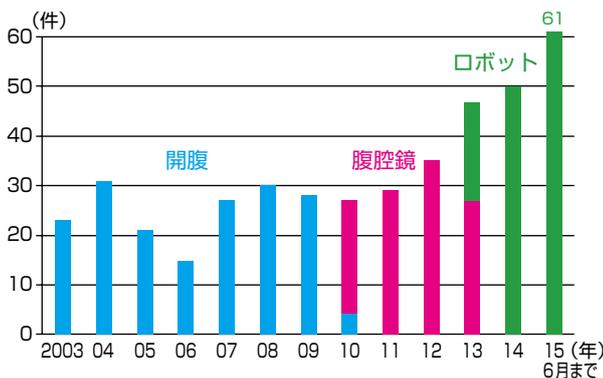


図1 香川大学における前立腺全摘の年代別手術法の変遷

それらを全て高いレベルで実現できるのが、ロボット手術です。私たちは2013（平成25）年からダ・ヴィンチサージカルシステム®を使ったロボット手術の経験を重ねています（図1）。

ロボット手術って、何？

ロボット手術については頻りにテレビや雑誌などで取り上げられており、皆さんも関心があるものと思います。これはロボットアームという器械の腕を駆使して腹腔鏡手術を行うものです。ロボット手術と呼ばれてはいますが、ロボットが自動的に手術を行うわけではありません。あくまで人間がロボットアームを操作して手術を行うものです。つまり、術者の動きはロボットアームを通して、狭い体内で精密に再現されるのです。正しくは「ロボット支援手術」と言います（図2）。

ロボット手術のいい点は？

ロボット手術の利点は緻密な手術ができることです。明るく拡大された高解像度の3次元立体画像の下で手術をすることで、これまで決して見えなかった世界が広がります。大きさではなく、膜の1枚1枚、神経線維の1本1本がはっきりと見えます。これは私たちにとっても大変な驚きでした。術者の手の動きを忠実に再現できるため、患者さんの体の中での細かな剥離操作や縫合操作が意のままにできます。

一般的に前立腺がん手術では術中の出血と術後の尿失禁、勃起不全が大きな問題です。出血に関しては、炭酸ガスを腹腔内に注入しながら手術を行うことで、開腹手術に比べて圧倒的に少ない出血量で行うことができます。尿失禁と勃起不全についても、尿を止める



写真1 ロボット手術室



写真2 コンソール操作中

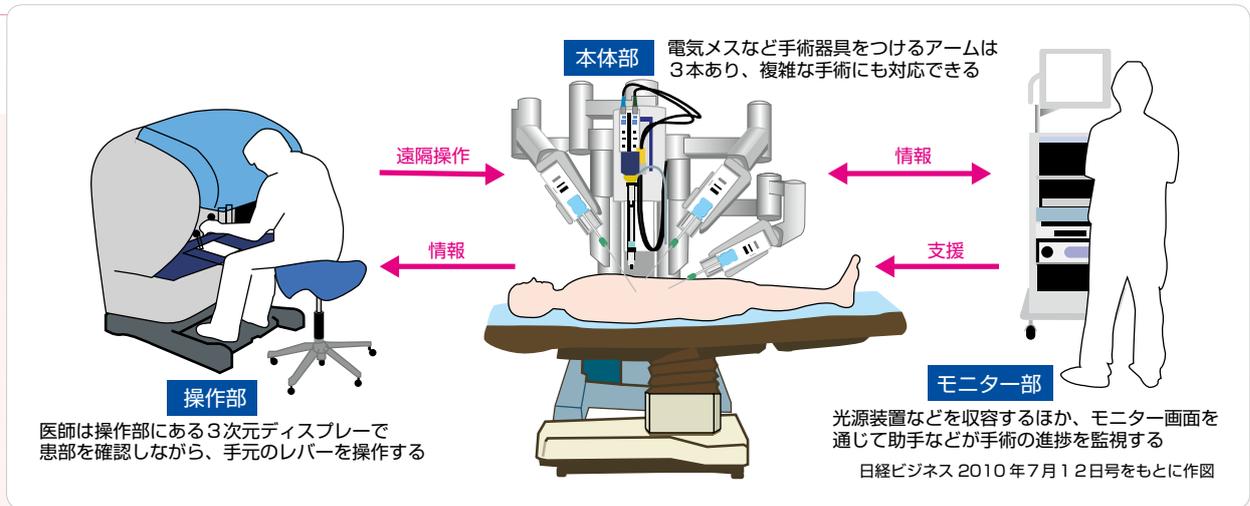


図2 ロボット手術の実際

筋肉や勃起を司る神経がよく見えることで、それらを最大限に温存することが可能です（図3）。

どんな手術ができるの？

現在、国内で保険適用になっているロボット手術は、残念ながら前立腺がん手術だけです。欧米では他の領域でもロボット手術が盛んに行われています。当院泌尿器科は症例を選んで、腎臓がんに対する腎部分切除術と膀胱がんに対する膀胱全摘除術をロボットで行っています。いずれの手術もロボットの利点を最大限に活用することができる術式で、非常に良好な結果を得ています。

	ロボット支援手術	開腹手術
長所	体への負担が少ない 出血量が少ない 拡大視野 創が小さい より緻密な手術ができる	特殊な機器が不要 多くの病院で実施できる
短所	高価な機器が必要 触覚がない 専門の研修が必要 実施できる施設に限られる	視野が悪い 出血量が多い
創部の比較		

図3 ロボット手術のメリット・開腹手術との比較

また外科領域では、国内でも直腸がんや胃がん、肺がんに対するロボット手術が徐々に行われるようになってきています。当院の消化器外科でもロボット支援下直腸がん手術が行われています。そのほか、婦人科や耳鼻科領域などでも、その有用性は認められています。ロボット手術の恩恵を多くの人を受けられるように、1日でも早い保険認可が望まれます。

最後に

これからは必ず「ロボット時代」が来ます。いや、既にその時がやって来ています。ロボット手術とはいえ、手術を行うのは人間です。そのため、私たちは皆さんに少しでもいい医療を提供できるよう、日々たゆまぬ鍛錬を欠かしません。これからの私たち「チームダ・ヴィンチ」の活躍にますますご期待ください。



写真3 チームダ・ヴィンチ

3 大腸がん

ロボット手術など 最新治療で好成績



消化器外科 助教
あかもとしんたろう
赤本 伸太郎

県内初のロボット手術（直腸がん）

ロボット手術は、自動車の組み立てのように、ロボットが自動で手術をしてくれるわけではありません。手術医が患者さんから離れたところにある操作台（ペイシェントカート）で患者さんにドッキングされたロボットを操り、腹腔鏡で手術を行います。医師が直接鉗子で手術を行う従来の腹腔鏡手術に比べて、どこがいいの？という声がよく聞かれますが、3つの利点があります。

鉗子の先端に関節があり、360度回転できます（従来の腹腔鏡用鉗子には関節がありません）。開腹手術の器具にも、器具自体に関節があって曲がるわけではありません。よって、開腹手術以上に自由に手術の道具を動かすことができます。次にハイビジョン3D（立体）画像で、拡大した画像（最大10倍）で繊細な手術ができます。通常の腹腔鏡手術では2D（平面）画像です。開腹手術でもドラマで見るとようなレンズ付きメガネ（拡大鏡）を付けたらいいのでは？と思われる

でしょう。でも、開腹手術で使用する拡大鏡はせいぜい2.5倍程度の拡大効果しかありません。最近のハイビジョン手術では、肉眼の手術よりはるかに細かい構造を観察しながら繊細な手術を行っているのです。しかも3Dで奥行きがあります。さらに、手ぶれ防止機能が備わっています。

以上3つの利点によって、非常に繊細な手術を拡大した立体画像で行えるのが特徴です（ロボット手術については巻頭特集「腎臓がん・前立腺がん・膀胱がん」P12参照）。「写真1」は、術者がロボットで練習を始めた日にボールペンの芯で書いた文字ですが、大きさは約5mmしかありません。腹腔鏡では同じ大きさの文字を書くことなど不可能で、それほどの精密さが簡単に得られる器械です。直腸がん手術では骨盤内の細かい神経の損傷により、排尿障害や性機能障害をきたすことがありますが、より精密な手術をロボットで行うことにより、機能障害を有意に減らすことが医学的に証明されています。また、出血量や開腹移行率も減少するとされています。

当院消化器外科では、県内初となる直腸がんについてロボット手術を導入しています。現在4例に行っており、出血量は4例を合計してもわずか14g（1回の

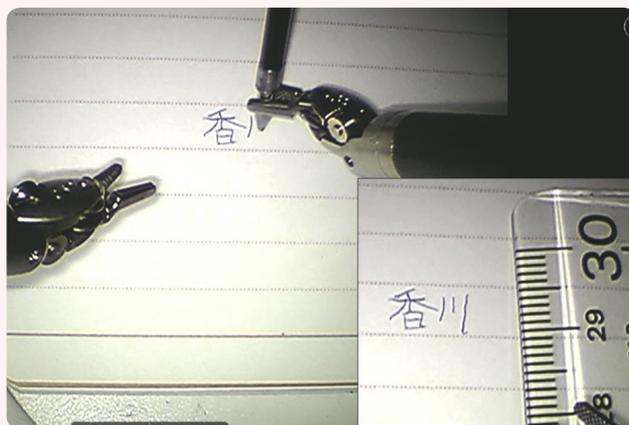


写真1 術者がはじめてロボットで実際に手術の練習をした日に書いた文字

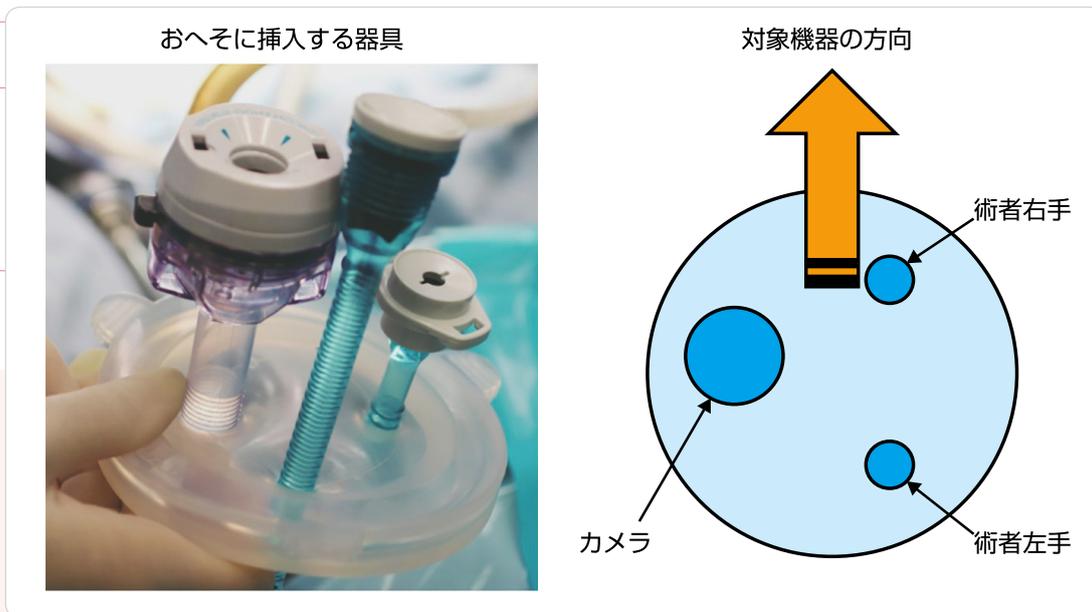


図1 単孔式手術に使用する器具と使用法

術前採血程度) しかありません。合併症もなく、手術から退院までの日数は平均で7.5日です。

体にやさしい単孔式腹腔鏡手術 (右側結腸がん)

右側の結腸がんは、左側よりも技術的に簡単なことが多く、より創^{きず}の数を減らした治療ができると考えました。おへそを約3cm切開するだけで手術が終わり、単孔式^{たんこうしき}手術を導入しています。従来の腹腔鏡手術ではおへそにはカメラを入れるだけで、5か所に創をつくっていました。そして、最後におへそを3cm程度切開してがんを摘出していました。単孔式手術では、「図1」のようにおへそを3cm切開し、そこに器具を入れて、従来の手術と同じ範囲を、より少ない創で取ってきます(写真2)。おへその創だけの術式の方が、術後の痛みが減り、創の満足度も高いとされています。



写真2 単孔式手術の術後創部(おへその創は目立たなくなります)

最新治療を提供できる力で成績アップ

大腸がんの手術はどこで受けても同じでしょうか？ 答えはNOです。特に直腸がんの治療成績には、手術の技術や治療方針が非常に影響すると考えられています。

当科では2008(平成20)年に下部消化管専属スタッフを配置し、定型化(誰がやってもこの方法でやるという統一)した手術方法と治療方針で手術した結果、直腸がんの治療成績(stage II~III a)に大きな改善を認めました(図2)。抗がん剤の使用にかかわらず、再発に影響した因子は、2008年以後の手術ということだけでした。最新治療を提供できる手術の力が、大腸がんの治療成績を押し上げています。

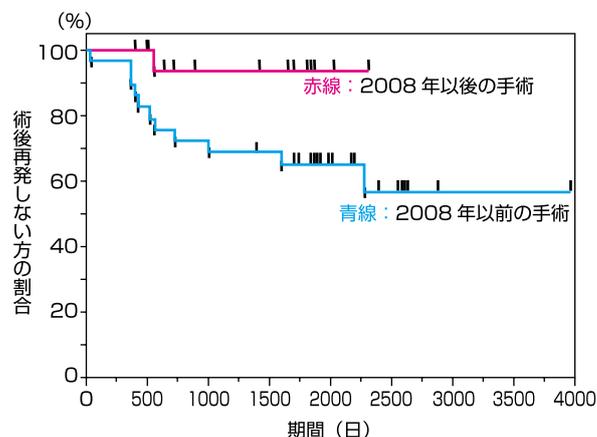


図2 下部進行直腸がん(術前診断 stage II~III a)の治療成績の変遷

4

巻頭特集

香川大学医学部附属病院の先端医療

肺がん

創が小さく、
回復も早いカメラ
(内視鏡) 手術



呼吸器外科 講師
ごてつこ
呉 哲彦

カメラ(内視鏡)の手術って、何?

胸の中(胸腔内)に挿入された直径1cmのカメラ(胸腔鏡または内視鏡)からモニターに映し出される手術映像だけを頼りに、執刀医は3cmほどの創から器具を入れて、助手は1~2cmの創から出し入れする器具で補助し手術を行います。そして手術前から3D-CTによる肺の血管のイメージを入念に覚えこみ、そのイメージに合わせて手術を進めていきます。

これが内視鏡による肺がん手術で、一般には Video Assisted Thoracoscopic Surgery (VATS) と呼ばれています(写真1、2)。世界で最初に VATS による肺がん手術が行われたのは1992(平成4)年で、報告からまだ20年強しか経っていないのです。この間、内視鏡や専用器具の開発が進歩し、今や VATS はある程度の肺がんに対して標準的な手術と見なされるようになってきました。

従来、胸を切り開く手術(開胸手術と言い、創の大きさは15~20cm)と最も大きく異なるのは、創が

小さいことと(図)、術後の回復が早いことです。通常、手術して1週間から10日で退院が可能です。

より高度な技術の導入と確立

内視鏡による VATS 手術は高解像内視鏡の恩恵を受けているとはいえ、手指からの感覚がなく全操作をモニター画面を見て行う手術なので、高度な技術を必要とするため限界もあります。小さな創から直接胸の中をのぞいて手術する内視鏡補助の手術もありますが、当科ではこの方法をやめて、2010年からモニターだけを見て手術を行う、より難度の高い VATS 手術を導入しています。現在は VATS の手術セミナーで講師を務める医師が中心となり、その他の呼吸器外科専門医と共にチームを組み、安全を心掛けて手術を行っています。これまでに400件以上の手術を行っており、その数は年々増え、四国圏内ではトップクラスの成績です。

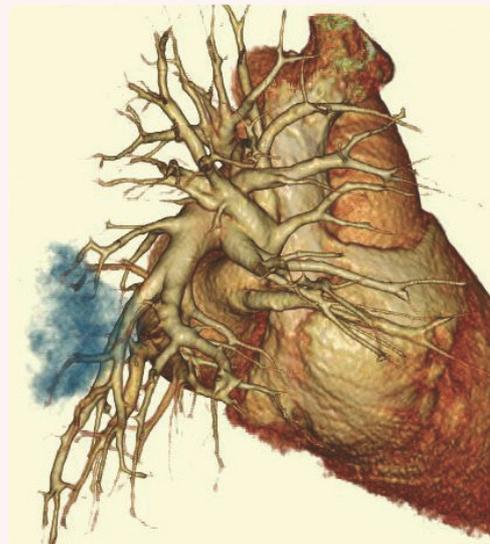


写真2 3D-CT/肺の血管を立体的に描いたCT像。腫瘍は青く映し出されています

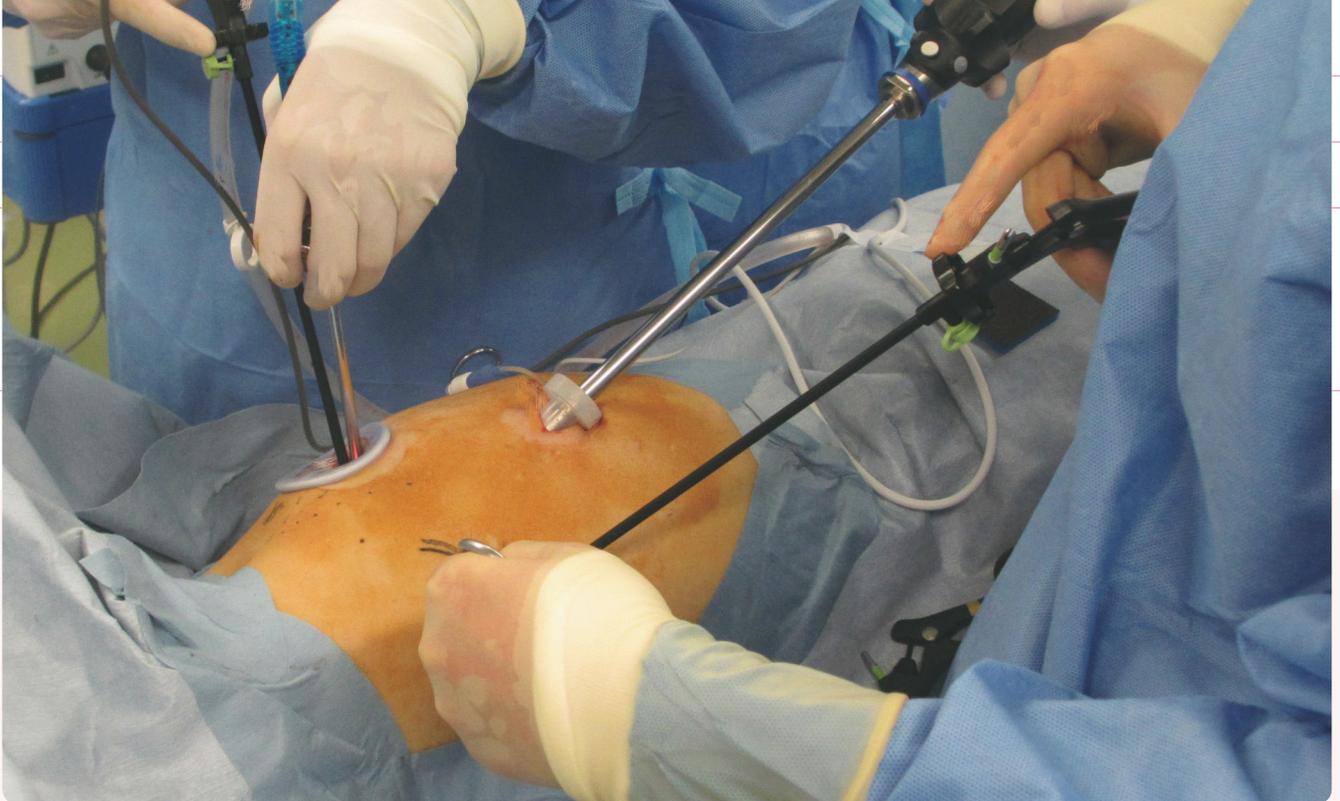


写真1 手術風景。3人の外科医が内視鏡とVATS器具を使って前方のモニターを見ながら手術をしています

世界初の試み ——蛍光内視鏡による肺区域切除

さまざまな肺がんに対して開胸手術や複雑手術、VATS手術があるように、腫瘍の取り方、取る量にも変化が出てきています。CT検査で早期、または勢いがあまり強くない肺がんが見つかるようになってきています。このような肺がんに対してがんの入っている袋（肺葉）を全摘するのではなく、さらに小さな区域を取る区域切除が注目されています。肺の区域には境目がないので、区域と区域の境界を見極めることが大切になります。VATS手術では、特にこの境目を見極めることが難しい場合がありますが、当科ではICG（インドシアニングリーン）という通常肝臓の検

査に用いる色素と、特殊な蛍光胸腔鏡（内視鏡）を用いて、肺区域の境目を映し出す方法を開発し実際の手術に応用しています。これは国内はもちろん、世界初の試みで、最先端の医療といえます（写真3）。これによって必要以上に肺を取る必要がなくなり、患者さんの負担軽減に役立っています。

最後に

1. 当科ではモニターを見ながら施行する内視鏡（胸腔鏡）の手術を行っています。
2. 内視鏡の手術の利点は創が小さく、術後の回復が早いことです。
3. 肺の袋（肺葉）を全て取る手術だけでなく、適応すればより小さな区域の切除も新しい蛍光内視鏡を用いて行っています。

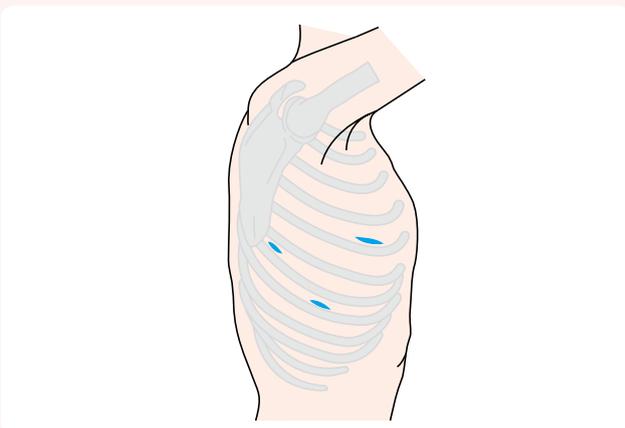


図 内視鏡手術での創を青く示しています



写真3 蛍光内視鏡区域切除／ICGと蛍光内視鏡で残る肺は青く、取る肺は灰色に映し出されます

高度進行肝細胞がん

高度進行肝細胞がんに対する集学的治療で高い成績



消化器内科 助教 (学内講師)
たに じょう じ
谷 丈二

高度進行肝細胞がんとは？

明確な決まりはないが①腫瘍の最大径が10cm超の巨大肝がん②肝内多発症例③遠隔転移を伴う症例④脈管浸潤を伴う症例を進行肝がんと言います。高度進行肝細胞がんは、これらの進行肝がんが組み合わさった病態を指します。肝がんがどのくらい大きく、どのくらいの範囲まで広がっているかを評価するのが進行度分類(=ステージ分類)で、大きさ、個数、血管浸潤の有無、リンパ節や他臓器への転移の有無などを確認し、ステージⅠ、Ⅱ、Ⅲ、ⅣA、ⅣBの5段階に分類します(図1)。Ⅰが早期、ⅡからⅣAへと進行し、

Child-Pugh分類も、肝機能の程度を表す指標として用いられる。各項目のポイントを加算し、その合計点でABCの3段階に分類する

ポイント	項目	1点	2点	3点		
脳症		ない	軽度	ときどき	A	5~6点
腹水		ない	少量	中等度		
血清ビリルビン値 (mg/dl)		2.0未満	2.0~3.0	3.0超	B	7~9点
血清アルブミン値 (g/dl)		3.5超	2.8~3.5	2.8未満		
プロトロンビン活性値 (%)		70超	40~70	40未満	C	10~15点

日本肝癌研究会編「原発性肝癌取扱い規約(第5版補訂版)」(金原出版)をもとに作図

図2 Child-Pugh分類/血液検査や病状で点数化します。Cの場合、肝がんに対する治療の適応がなくなります

ⅣBは遠隔転移を認める末期症状と考えられます。

しかし肝がんはもともと慢性肝炎や肝硬変を合併していることが多く、がんの進行度とは別に、肝機能(肝臓の体力)の評価が重要です。肝機能の評価には「Child-Pugh分類や肝障害度」という肝臓の体力を評価する指標があり、AからCと3段階あり、腹水・黄疸・肝機能検査データによって規定されます(図2)。肝硬変が重症の場合は治療法も制限され、予後(その後の生存)もあまり期待できない場合もあります。この場合はがんの治療より肝硬変治療を優先します。

進行肝がんは予後が短い？

肝硬変と肝細胞がんの両方の進行度が予後に関係します。国内では肝細胞がんの進行度と肝硬変の進行度の両方を足し合わせたJISスコアが広く用いられており、JISスコアごとに予後の異なることが分かっています(図3)。

進行肝がんの方は、進行度Ⅳ期の方が多く、また肝硬変の方が多いためChild-Pugh分類Bの方が多く、「図3」のJISスコアに当てはめると進行度Ⅳ期で3点かつChild-Pugh分類Bで1点となり、3点+1点で4点以上になる場合が多いのです。JISスコアが4点以上だと無治療の場合は予後2~3か月と短いのが現状で、治療をしてもJISスコア4点の場合、予後は9か月前後、5点の場合は3か月と非常に成績が悪いのが現状です。

特に深刻な問題として、肝臓に栄養を供給する門脈や肝臓で作られた大切な成分を送り出す静脈に肝がんが浸潤した場合は、一般的に推奨されている治療を行っても6か月前後の予後しかないと報告されており、この高度進行肝がんをどのように治療していくかが大きな課題となっています。

肝がんの進行度は、がんの数、大きさ、脈管に侵襲があるのか、の3項目および転移の有無から5つの病期（ステージ）に分類される

項目 (T 因子)	T1	T2	T3	T4
①腫瘍が単発 (1つ) である	①②③すべて合致	2項目が合致	1項目が合致	すべて合致せず
②腫瘍の大きさは2cm以下である				
③脈管侵襲がない				
リンパ節転移・遠隔転移を認めない	I 期	II 期	III 期	IV 期
リンパ節転移はあるが遠隔転移はない	IV A 期			
遠隔転移がある	IV B 期			

日本肝癌研究会編「原発性肝癌取り扱い規約（第5版補訂版）」（金原出版）をもとに作図

図1 肝がんの進行度/腫瘍の大きさ、個数、脈管への浸潤、肝外転移にて評価します

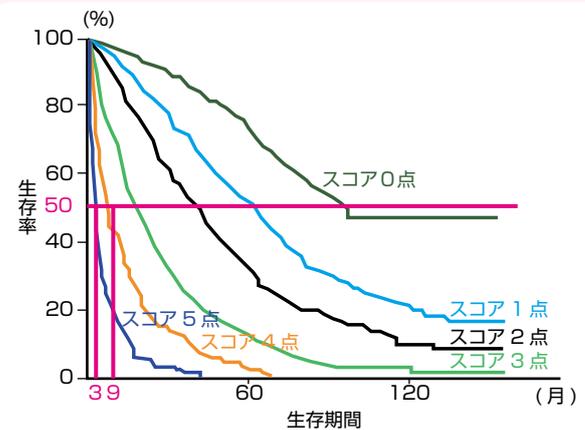
当院の高度進行肝細胞がんの治療

進行肝がんの場合、^{かんどうみやくそくせんじつ}肝動脈塞栓術、リザーバー動注化学療法、放射線治療、分子標的治療をそれぞれ単独で行います。高度進行肝がんの場合は、これらの治療を組み合わせたり、化学療法の内容を変更したりする工夫が必要となります。進行肝がんになると、総合的な観点で積極的な治療が求められるため限られた施設になってきます。特に血管に浸潤を伴った高度進行肝がんはいかなる治療を行っても、全国的にも生存期間は7~9か月です。

当院は、血管浸潤部だけに放射線と肝内のがんにリザーバー動注化学療法とって、いつでも簡便に肝がんに対して抗がん剤を注入できるシステムを体内に留置した上で、定期的に新しい組み合わせの抗がん剤を注入します。この方法で16か月以上の生存期間を獲得し、全国の主要施設と比較しても高い治療効果を挙げています（図4）。中には、腫瘍が小さくなり、肝切除で根治したケースや内科的治療だけで肝がんが完治したケースもあります。

最後に

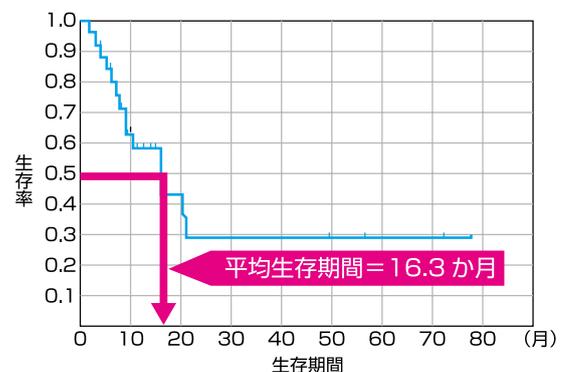
高度進行肝細胞がんの治療は、各施設の治療方針に委ねられているのが現状です。1つの意見だけでなく、多くの意見を参考に患者さんにあった治療方法を選択することが必要だと考えます。



JIS スコア	ポイント			
	0点	1点	2点	3点
Child-Pugh 分類 (肝機能)	A	B	C	
ステージ分類 (進行度)	I	II	III	IV

肝機能と進行度を合計して点数化します。
スコア4点で9か月、スコア5点で3か月の予後となります

図3 JISスコア点数表



全国の主要施設での治療後平均生存期間が6~7か月なのに対し、当科での治療後平均生存期間は約16か月と著明に延長しています

図4 当科での血管に浸潤を伴ったがんに対する治療成績

6 前立腺がん・頭頸部がん

最先端技術 強度変調放射線治療 でがんを治す



放射線治療科 教授
しばた とおる
柴田 徹

日本人の死亡の最大の原因はがんであり、その治療の充実が急がれています。放射線治療は手術、抗がん剤と並ぶ重要な選択肢の1つですが、近年のコンピューター技術の発達や高性能な直線加速器の開発によって高精度な治療が可能となっています。

当院は香川県のがん診療連携拠点の中核機能を担っていますが、かつては、放射線治療を専門とする人材が不足し、また機器更新が滞るなど、不十分な体制と言わざるを得ませんでした。この状況を打破するため、放射線治療部門を新設し、2012（平成24）年に高精度治療を専門とする私が招かれました。その後、2014年度には高精度放射線治療システムを導入し、新たな治療施設として再スタートを切りました。2014年10月からは厚生支局の認可を得て、待望の強度変調放射線治療（IMRT）が可能となり、稼働開始から現在までの1年余りに頭頸部がんは約30症例、前立腺がんは約50症例のIMRTを実施しています。院内のみならず関係医療機関からのお問い合わせも急増しており、次年度以降は年間100例前後の稼働を見込んでいます。

強度変調放射線治療（IMRT）とは？

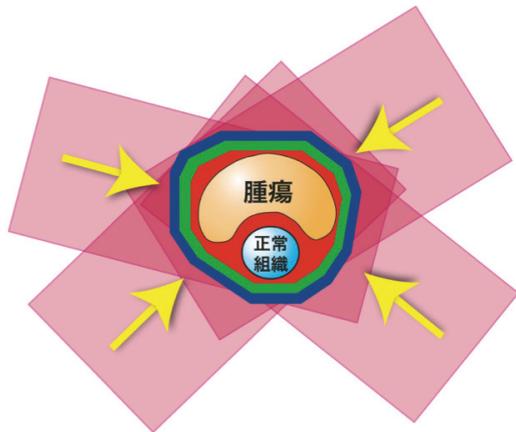
そもそも、なぜ放射線でがんが死滅するのでしょうか？ 放射線が細胞のDNAを切断する能力を持つからです。放射線の量（線量）に応じて治療効果も高くなりますが、一方で正常組織の線量が高いと有害反応を起こします。つまり、治療が威力を発揮するには、腫瘍への正確な高線量照射に加えて、正常組織の線量を最小限に留めることが大切となります。しかし、頭頸部や骨盤部腫瘍の場合、近くに複数の正常臓器が存在するため、従来型の治療技術ではその実現は困難でした。

この限界を解決できるのがIMRTです。「図」に示す通り、最先端の治療装置とコンピューター技術を駆使して、多方向から強度を自在に変えた照射を行うことで、正常組織を避けつつ腫瘍形状に合わせた照射が可能となります。高率にがんの治療が得られ、同時に副作用の極めて少ない画期的な治療として期待が高まっています。

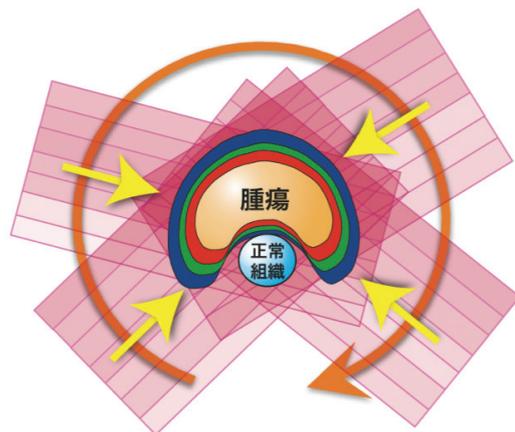
頭頸部がんに対するIMRT

咽頭や喉頭など耳鼻咽喉領域のがんを総称して頭頸部がんと言います。発声や嚥下などの機能温存を図るため、以前から放射線治療が行われてきました。しかし、従来型の照射法では、照射範囲に含まれる正常組織への照射が避けられず、特に耳下腺の機能障害（口渇、唾液分泌低下）は大きな問題でした。IMRTでは、腫瘍には根治に必要な線量を照射しながら、耳下腺の線量を低くして、その機能を温存できます。加えて、脳や脊髄、視神経、内耳といった重要な臓器を

強度変調放射線治療 (IMRT) の原理



従来の放射線治療
腫瘍にも正常組織にも同じ量の放射線が照射されてしまう



強度変調放射線治療 (IMRT)
腫瘍形状に合わせた線量の集中と正常組織を避けた照射が可能
根治性の向上=合併症の低下

図 IMRT では従来、困難であった副作用の低下と治療効果の飛躍的向上を達成します

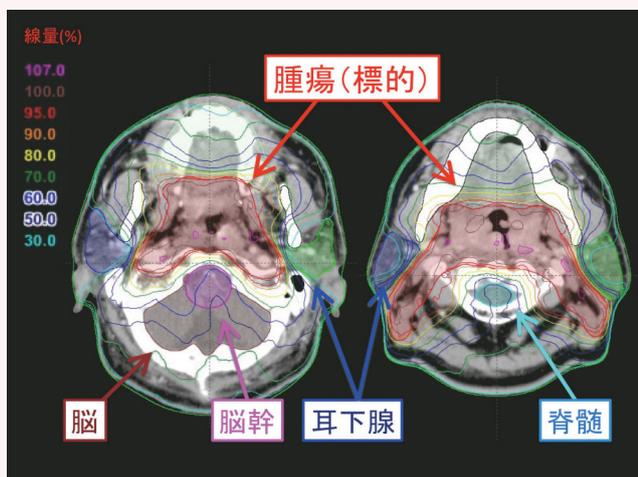


写真1 中咽頭がんに対するIMRTの線量分布
正常組織(耳下腺・脳・脳幹・脊髄・口腔など)を避けながら、腫瘍部分やリンパ節領域の輪郭に沿った高線量照射を行います

避けることも容易であり、安全性の高い治療を行えます(写真1)。

前立腺がんに対するIMRT

前立腺がんの場合、近くにある直腸や膀胱、尿道、小腸などの正常臓器にも放射線が照射されるため、頻尿や排尿困難、排便時の違和感などが起きやすく、さらに治療終了後の後遺症としても直腸粘膜の出血や排尿障害を起こす可能性があります。IMRTを用いることで、腫瘍に高線量を集中しながら、同時に正常臓器への線量を低減できるため、結果として治癒率の向上と副作用の低下が同時に達成できます(写真2)。

また、前立腺は膀胱や直腸の体積変化(ガスや便、尿量)によって動くことがあり、正確な放射線照射に対する妨げとなります。そこで当院では、あらかじめ前立腺内に金マーカーを留置し、治療前にX線やCTなどを取得(イメージング)して標的位置のズレを補正する画像誘導放射線治療(IGRT)を行います。これにより、標的を確実に捉えた再現性の高い治療を行うことが可能となります。

現在、IMRTの保険適用には「限局性固形悪性腫瘍」が条件となっており、遠隔転移のない症例に限定されています。前述の通り、頭頸部や前立腺などがよい対象ですが、現在、より多くの疾患に対して高精度治療技術を応用できるよう研究開発を進めています。

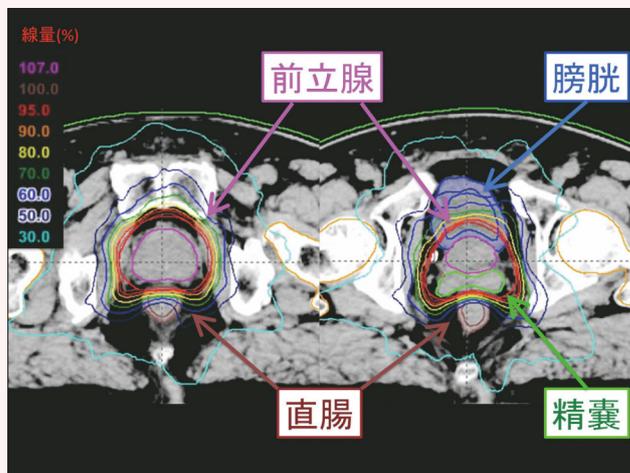


写真2 前立腺がんに対するIMRTの線量分布
正常組織(直腸や膀胱など)への照射を避けながら前立腺と精嚢を含む標的に対して高線量照射を行います

各種がん

がん免疫療法が 飛躍的に進歩



血液内科 教授
かどわきのりみつ
門脇 則光

新たながん治療が求められている

がん治療は目覚ましい進歩を遂げています。手術、放射線療法、化学療法（抗がん剤の治療）、さらに、がん細胞の特定分子に働いてがんを死滅させる分子標的療法を組み合わせる治療法などで飛躍的な成果を挙げています。

とはいえ、日本人の死因は依然としてがんがトップで、しかも高齢化に伴ってがん患者さんは増え続けています。こうした現状を踏まえ、さらなる新しい治療法が求められているのです。

「免疫」とは何か？

「免疫力を高めてがんを防ぐ」。この言葉を耳にしたことがあるかと思います。いったい免疫の力はがんに対して、どれくらい効果があるのでしょうか。

「免疫」とは、本来ばい菌などの微生物から体を守る仕組みです。微生物は私たちの体の細胞と「つく

り」が大きく異なり、免疫の細胞は微生物を「自分と違う！」と気づきやすい、つまり微生物に対しては免疫が働きやすいのです。

これに対し、がん細胞は正常の細胞が少し変化しただけなので、免疫の細胞はがんを「自分と違う！」ことになかなか気づきません。つまり、がんには免疫が働きにくいのです。これを人為的に働くようにしようというのが、がんの免疫療法です。

免疫療法については、いろいろなことが試みられてきましたが、起こる免疫反応は弱く、がんは小さくなりません。このようなことが続き、「がん免疫療法は効果がない」という評価になってしまいました。

ベールを脱いだ免疫の力

ところが、ここ数年で状況は一変しました。その最大要因は「がん細胞が免疫の働きを積極的に抑える」ことがはっきりしたことです。とりわけ、がんを攻撃するTリンパ球に出ているPD-1という分子を介して、がん細胞がTリンパ球の働きを弱めます。ニボルマブという薬は、このPD-1をじゃましてTリンパ球が弱るのを防ぎます（図1、2）。この薬は悪性黒色腫という皮膚がんに使われ、今後はほかのがんにも使用されるようになります。

もう1つ有効な方法として、Tリンパ球を患者さんの血液から取り出し、がん細胞を集中的に攻撃するように細工をしてから患者さんに戻す「Tリンパ球療法」が開発されました（図3）。この治療は、ある種の手ごわい白血病の9割に劇的に効くことが分かり、世界的な試験が進められています。

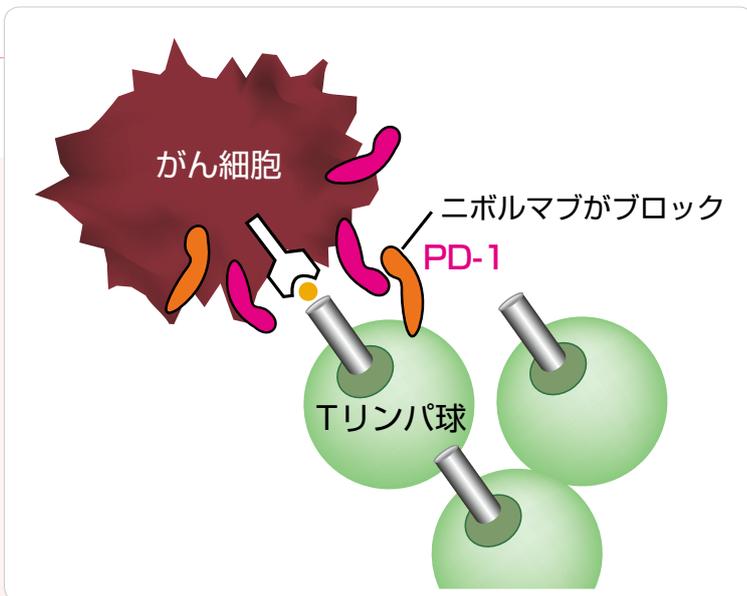


図1 がんはPD-1を介してTリンパ球の働きを抑え、ニボルマブはこれをブロックします



図2 リンパ球が、がん細胞を攻撃します

新たながん治療の幕開け

このように、がんによる免疫抑制を除く（つまりブレーキを外す）方法と、がんを狙い撃ちする（つまりアクセルを踏む）方法が効果を示し、がん免疫療法が脚光を浴びています。今後は、この両者を併用する（つまりブレーキを外してアクセルを踏む）方法が試されるでしょう。

ただ、免疫療法が全てのがん患者さんに一様に効くわけではありません。今後は、効きにくい人にも効く

ようにする工夫が重要になってきます。また、ほかの治療法と免疫療法をうまく組み合わせる「複合的がん治療」が模索されています（図4）。

このようにあらゆる治療手段を駆使して、これまで効果的な治療法がなかったがん患者さんにも手を差しのべられる時代が、免疫療法の進歩によってぐっと近づいてきました。これからはがん免疫療法の発展に大いに期待してください。

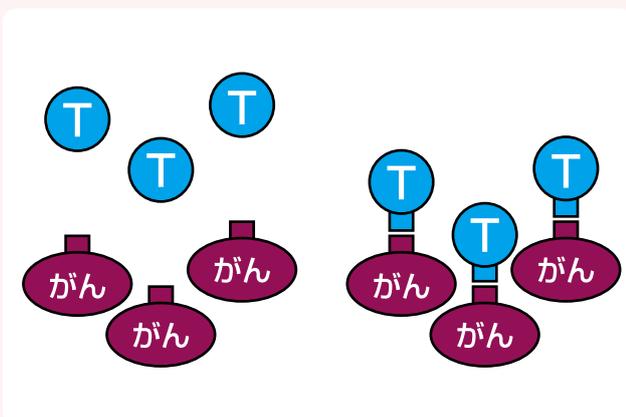


図3 細工をしたTリンパ球が、がんを集中的に攻撃します

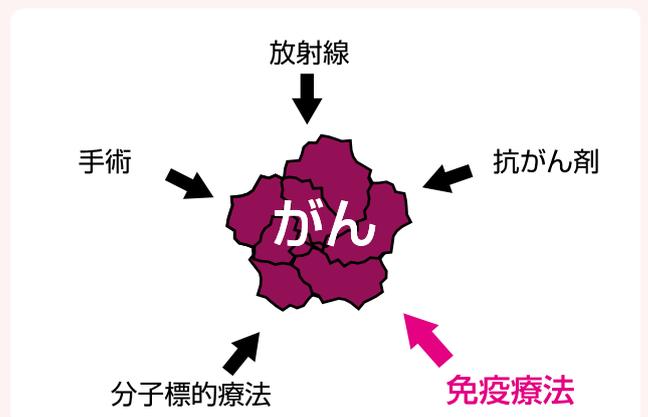


図4 免疫療法を含めた複数の治療を組み合わせせた「複合的がん治療」が期待されています

8

がん診断

PET/CT を使った 正確な診断



放射線診断科 教授
にしやま よしひろ
西山 佳宏

PET/CT とは？

^{ベット}PET（ポジトロン断層撮影法）とは、ポジトロン（陽電子）という放射線を出す薬剤を体に投与して、体から出る放射線をPET装置で検出し、薬剤の体内での分布を画像化する検査法で、機能の異常を調べます。一方、^{シーティー}CT（X線断層撮影法）は、体の外からX線を体に当て、通り抜けたX線を解析して画像化する検査法で、形の異常を調べます。

^{ベットシーティー}PET/CT装置はPETとCTを連結した装置で、薬剤投与後にPET検査とCT検査を続けて行います。

PETで機能を、CTで形を見て、両者を組み合わせた情報で病気の診断をより正確に行います（写真1）。当院では2002（平成14）年に中国・四国地方で最も早くPET検査を開始し、2010年にPET単独装置からPET/CT装置へと新しくなりました。

ブドウ糖によるがんの診断

ヒトが生きていくためにはエネルギーとしてブドウ糖が必要です。がん細胞は大きくなるために正常の細胞より多くのブドウ糖を必要とします。そこで、ブドウ糖に少しの放射線をつけた薬剤（^{エフデージー}FDG）を注射すると、がん細胞にFDGが多く集まり、そこから出る放射線をPET装置で検出して画像を作ります。

得られた画像からは①病気が悪いものかどうか②転移があるのか、あるとすれば体の中でどこまで広がっているのか③治療が効いているのか（写真2）④病気を治療した後で再発がないのかを調べることができます。また、予想外の病気が見つかる場合もあります。

早期胃がんを除く^{あくせいしゅよう}悪性腫瘍の診断、転移や再発の診断に、健康保険でPET/CT検査が受けられるようになっています。ただし、PET/CT検査で全てのがんが分かるわけではありません。がんのできる場所や大



写真1 PET/CT装置でPETとCTを連続撮影し、融合画像でより正確に診断を行います



写真4 画像診断を行っている様子

きさ、がんの性格によって見えないものもあります。詳細は担当医にお尋ねください。

アミノ酸によるがんの診断

脳が正常に働くためには多くのブドウ糖が必要です。そのため正常の脳には悪いものがなくてもブドウ糖が多く集まるので、病気を見つけにくくなります。がん細胞はブドウ糖と同じようにアミノ酸（タンパク質の成分）も必要とします。そこでアミノ酸に少しの放射線をつけた薬剤（メチオニン）を注射すると、がん細胞にメチオニンが多く集まり、そこから出る放射

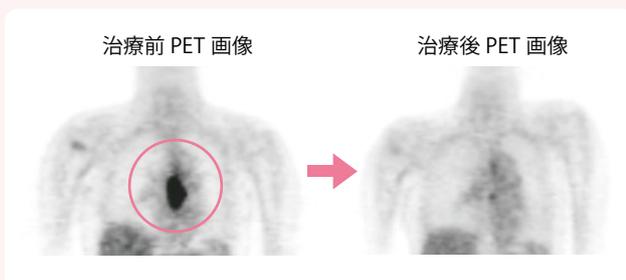


写真2 食道がんにてFDGが集まっていましたが、抗がん剤/放射線治療で、なくなっています

線をPET装置で検出して画像を作ります（写真3）。得られた画像からは①脳の病気が悪いものかどうか②治療が効いているのか③病気を治療した後に再発がないのかを調べることができます。

中国・四国地方ではメチオニンPET検査ができる施設はまだ少ないのですが、当院は2004年からこの検査を行っています（写真4）。ただ、健康保険の適用は認められません。詳細は担当医にお尋ねください。

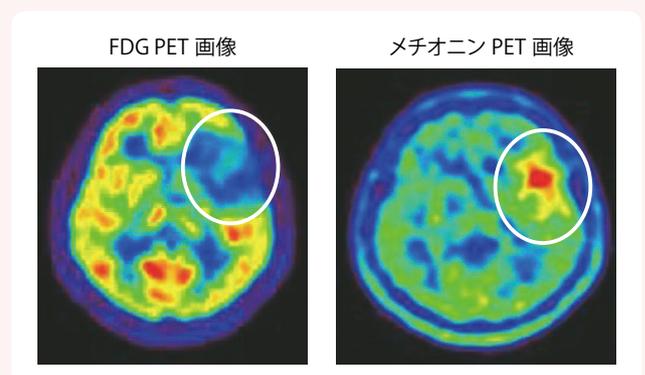


写真3 白の円で囲んでいる部分に脳腫瘍があり、FDG PETよりもメチオニンPETの方が分かりやすい

脳腫瘍

最先端の 脳腫瘍手術の実際



脳神経外科 講師
みやけ けいすけ
三宅 啓介

脳腫瘍とは？

日本人の一番多い死因はがんです。その中で最も致死率が高いのは、脳のがん「脳腫瘍」です。脳腫瘍は、年間人口10万人当たり約14人が発生し、香川県でも毎年約100人の患者がいます。男女ほぼ同じ割合で発生し、50歳を過ぎて年齢が高くなるにつれて発生率は高くなります。一方、14歳以下の子どもでも腫瘍ができてしまいます。つまり性別、年齢に関係なく、誰にでもできる病気です（図）。

脳腫瘍とは、脳や脳をとりまく組織にできる腫瘍の総称で、実際には100種類以上の腫瘍があります。主な脳腫瘍には、グリオーマと髄膜腫があり、それぞれ発生率は4分の1程度を占めます。グリオーマは周囲の正常な神経細胞に浸潤するため、正常な神経細胞を温存し、腫瘍だけ摘出するのは大変困難な腫瘍です。一方、髄膜腫は、風船が膨らむように増える腫瘍で、脳の表面を圧迫しますが、正常な脳組織に注意すれば、取り除くことが可能な腫瘍です。

腫瘍の位置を導くナビゲーション手術 (写真1~3)

脳表に近く、境界もはっきりした髄膜腫のような腫瘍であれば、腫瘍を見失うことはありません。しかし、グリオーマのように脳深部に存在し、境界もはっきりしない腫瘍であれば、腫瘍を見失ってしまいます。

脳腫瘍から迷子にならないために、私たちは、ニューロナビゲーションシステムを用いて腫瘍の位置を把握し、たとえ脳深部に腫瘍があっても、脳表から正確に目的の腫瘍まで到達し、腫瘍摘出を行います。

覚醒下手術で言語機能温存 (写真4)

脳腫瘍の症状は、脳腫瘍の種類や脳内にできた場所によってさまざまです。例えば前頭葉の言語野に脳腫瘍ができると、話をしたり、理解したりすることがで

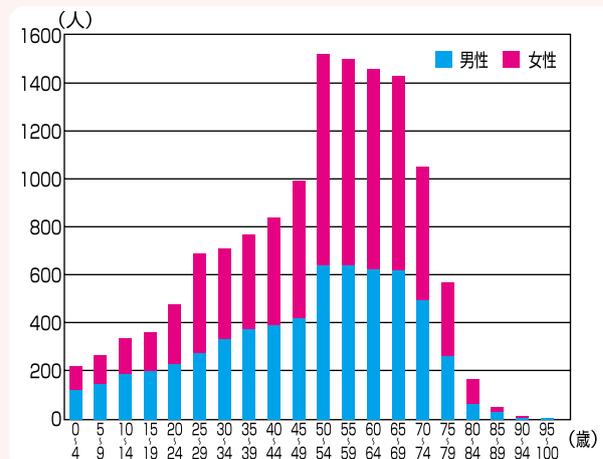


図 年齢別脳腫瘍発生数の推移／国内における2000年～04年までの年齢別脳腫瘍発生数の推移を示したものです。性差はありませんが、50歳を過ぎると、年齢が高くなるにつれて発生数が多くなっています



写真1 ニューロナビゲーションシステム/ニューロナビゲーションシステムとは、車についているナビゲーションと同じように、手術で見ている部位が、画像上、どの位置であるのか教えてくれるシステムです。まず、手術前や手術中に行った頭部 MRI 検査 (CT および PET 検査も可) をシステムのコンピューターに取り込み、画像を解析します。そして、手術に使用するプローベ (指示棒) および顕微鏡と赤外線センサーからの赤外線によってシステム上で連携させ、実際のプローベの位置や顕微鏡の焦点が画像のどの位置を指しているのか判断することができます



写真2 実際のニューロナビゲーションシステムと連携した顕微鏡手術を行っています

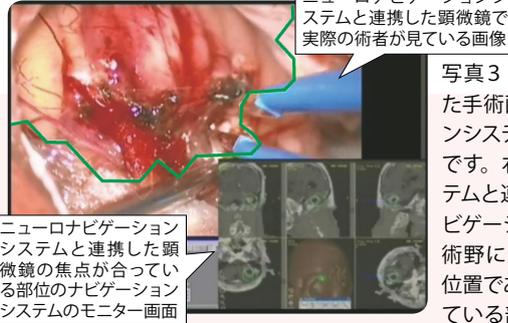


写真3 ニューロナビゲーションシステムと連携した手術画像/左上の画像は、ニューロナビゲーションシステムと連携した顕微鏡で術者が見ている画像です。右下の画像は、ニューロナビゲーションシステムと連携した顕微鏡の焦点が合っている部位のナビゲーションシステムのモニター画面です。顕微鏡術野に見える緑線が、MRI 画像で腫瘍と判断した位置であり、腫瘍と正常小脳半球との境界を剥離している部位が MRI 画像で、どの位置であるのか把握することができます



写真4 覚醒下手術で、腫瘍内の言語領域を検査している写真です。左上は、実際の顕微鏡で見ている術野で、緑線は腫瘍の境界です。右上は、ニューロナビゲーションの画像です。右下は、実際の患者さんの写真で、復唱の検査を行っているところです。左下は復唱の質問内容です。左上の写真で、実際の脳表に刺激を行うと「ラジオ、あくび、しかく」を復唱することができなくなり、この部位が言語に関連した部位であるということが分かります

きなくなります。では、言語野に腫瘍ができれば手術はできないのでしょうか？

そのようなことはありません。全摘出はできないかもしれませんが、私たちは、^{かくせい か しゅじゅつ}覚醒下手術にて言語機能の領域を把握し、できるだけ多くの腫瘍を摘出できる手術を行っています。

覚醒下手術とは、手術中に患者さんの意識を覚醒させ、摘出する部位に電気刺激を行いながら発話停止の有無によって言語領域を把握し、摘出範囲を決定する手術です。つまり、大切な脳機能は温存し、摘出可能な腫瘍部位をできるだけ多く取り除くことで手術後の生活に支障をきたさないように心掛けた手術です。

術中 MRI を用いた画像誘導手術 (写真6)

手術中には、腫瘍摘出に伴い周囲の神経線維の走行

写真5 2016年1月から稼働開始の術中MRI装置



写真6 実際の術中MRI検査/実際の術野では、腫瘍と正常脳との境界が分かりにくい症例でも、術中MRI検査を行い、ニューロナビゲーションシステムへ画像を取り込み、改めて腫瘍の位置を確認しながら腫瘍の摘出を行います。術中MRI検査を繰り返すことにより、最終的に腫瘍全摘出を目標としています

脳の病気、外傷

脳に最高の環境を与える



救命救急センター 副センター長（講師）
かわきた けんや
河北 賢哉

当院救命救急センター（以下センター）の中には8床の集中治療室があり、脳の集中治療を行っています。あらゆる重篤な救急患者さんの集中治療も行います。センターには医師が15人ほど専従勤務していて、その中に脳神経外科専門医が2人、脳卒中専門医が1人、救急科専門医が6人、集中治療専門医が2人、整形外科専門医が1人、外傷専門医が1人（重複あり）います。

脳の集中治療は脳神経外科専門医が中心となり、さまざまな専門医がサポートしながら治療にあたっています。また、約60人もの専従看護師が働いており、24時間体制で患者さんの治療、看護を行っています（写真）。

脳の集中治療室の適応疾患

脳の集中治療が必要な患者さんは、脳の病気やけがで意識がなくなった人や手足の麻痺、言語障害などの神経症状を有する人です。具体的には脳卒中（くも膜下出血、脳出血、脳梗塞）や重症の頭部外傷をはじめ、

心停止後症候群（突然の心停止で蘇生がなされ、心臓は動くようになったが、意識が戻らない状態）の患者さんが対象となることが多く、ほとんどの人が救急車で運ばれ、それぞれの病気やけがに対する初期治療を行った後に集中治療室に入ることになります。

脳にとって最高の環境を保つ

脳の集中治療室では、脳にとって最も良い環境を整えることを治療の主眼にしています。環境といっても部屋の温度や湿度のことではなく、患者さんの体の環境です。脳は体重の2～3%の重さしかないにもかかわらず、酸素は全身の20%、グルコース（糖分）は全身の25%も必要とする臓器です。酸素やグルコースは血液によって脳に運ばれるため、脳への血流を適正に保たなければいけません。

脳卒中では脳の血管が詰まったり、裂けたりして病変部の脳細胞は死んでしまいます。頭部の外傷では、脳に強い衝撃が加わり、脳が直接傷つきます。このように脳が直接的なダメージを受けることを一次性脳損傷と言います。一次性脳損傷を治療し、元通りの状態

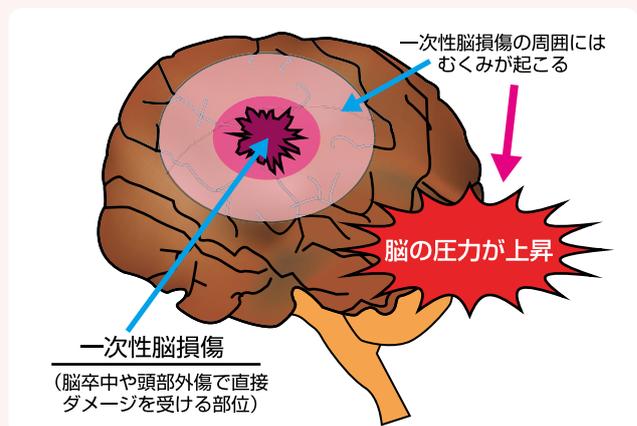


図1 Brain／脳卒中や頭部外傷でダメージを受けた一次性脳損傷の周囲にはむくみが起こり、その結果、脳の圧が上昇します



写真 当院救命救急センタースタッフ。スタッフ全員が救急医療のプロフェッショナルです。1人でも多くの患者さんを救命できるよう日々努力しています

に治すことは不可能と考えられています。

一方、脳卒中や頭部の外傷でダメージを受けた脳は、出血したり脳のむくみが起こり、脳の圧力が上昇します（図1）。その結果、脳への血液の流れが悪くなり、酸素不足や栄養不足で脳細胞は間接的なダメージを受けることになります。これを二次性脳損傷と言います。脳の集中治療室では、二次性脳損傷を最小限にする治療を行っています。

そのほか、脳卒中や頭部の外傷では、治療経過中に体温が上がる事が多く、高体温は二次性脳損傷の原因となる事が分かっています。また、血糖値が上がり過ぎたり下がり過ぎたりすることもよくありません。血圧の異常な低下や上昇、体内の酸素不足も二次性脳損傷を引き起こします。あらゆる体の環境異常が二次性脳損傷の引き金となります。

そこで、これら体内の環境を常に監視する必要があります。これをモニタリングと言います。自動車の速度、エンジン回転数、水温、バッテリー、排気ガスなどの状態を常にモニタリングし、故障が起こればすぐにドライバーに知らせるのとよく似ています。実際、患者さんには人工呼吸器などの生命維持装置のほかに、多くの点滴やさまざまなモニタリング装置がつながっています（図2）。モニタリング装置の中には、脳の圧を測定できる装置もあり、これによって脳の圧を常に監視できます。脳の圧が上昇しないように、患者さんの体の環境を適切に保つことが大切です。

もし、経過中に脳の圧が上がりアラームが点灯すれば、脳の圧が上がった原因を診断し、速やかに脳の圧

を下げる処置が施されることになります。これが、脳の集中治療の本質です。この集中治療は長くて2週間継続されます。このように、昼夜を問わず脳にとって最高の環境を患者さんに提供し、脳に重大な病気を抱えた患者さんが1人でも多く家庭復帰・社会復帰できるようにスタッフ全員が全力を尽くしているところが、脳の集中治療室です。

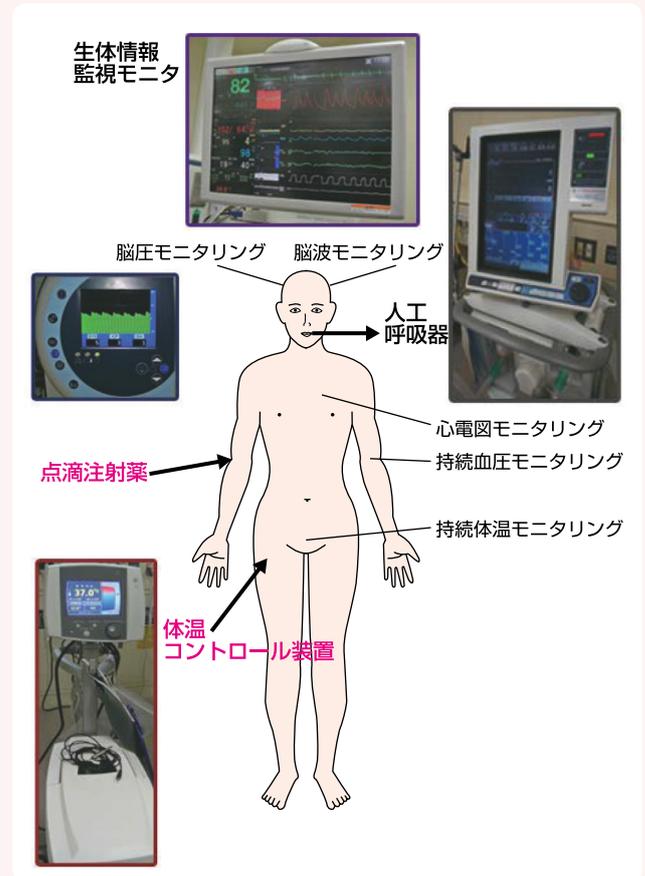


図2 Neuro ICU／患者さんへはさまざまな生命維持装置やモニタリング装置、点滴などがつながれており、生体情報監視モニタで常に患者さんの状態を監視しています

心不全

難治性心不全に対する 切れ目のない包括的医療



循環器内科 講師
の たかひさ
野間 貴久



心臓血管外科 教授
ほりい たいこう
堀井 泰浩

心不全とは？ その治療は？

心不全はさまざまな心臓疾患によって心臓のポンプ機能が悪化し、最終的に息切れや浮腫^{ふしゅ}といった肺や全身のうっ血症状や全身の倦怠感^{けんたいかん}、めまいなどの低心拍出症状が現れる状態です(図)。心臓の筋肉の基である心筋細胞の数は決まっています。一度障害を受けると再生することはありません。その上、やっかいなことに心臓は弱ってもなかなか症状が現れず、自覚症状が出る頃には知らぬ間に心筋障害が進行し、十分な治療ができない状態だということが多くあります。

心不全の治療はポンプ機能を治せばよいと思われがちですが、それだけではありません。心機能が悪化すると、まず水分を溜めようとするため、心不全の治療は心臓の負担を取り除くことから始まります。食事制限(特に塩分制限)や運動療法、内服薬による治療と併せて、循環器内科医はカテーテルを用いた血管形成や不整脈の治療を行います。ペースメーカーを用いた治療を行うこともあります。しかしながら、心筋障害が広範囲で押し出す力が弱くなったり、心臓の部屋を

分ける弁膜に逆流が起きたりすると心臓血管外科で心臓や弁の形成を行うこととなります。

心臓血管センターの特徴は？(写真1)

センターは6床の集中治療室(CCU)と30床の専門病棟で、循環器内科医、心臓血管外科医が計40人、看護師41人をはじめ、臨床工学技士、薬剤師、管理栄養士、理学療法士たちによる集学的な診療を行っています。CCUとは心疾患専門の集中治療室です。急性心筋梗塞や特発性拡張型心筋症などの心筋症、弁膜症や肺高血圧症、重症不整脈など生命にかかわる疾患の急性期を専任スタッフが最新の医療機器を用いて24時間体制で診療にあたります。

手術室→手術後の集中治療室(ICU)→CCU→専門病棟が同一階にあり、心臓専門医が集約されることで、各患者さんに入院から退院まで切れ目のない治療を提供しています。



写真2 ハイブリッド手術室/
心臓血管外科医と循環器内科医が協力して治療を行う手術室です



写真1 心臓血管センター・CCU / 明るく広い空間の中で多くのスタッフが24時間体制で診療にあたっています

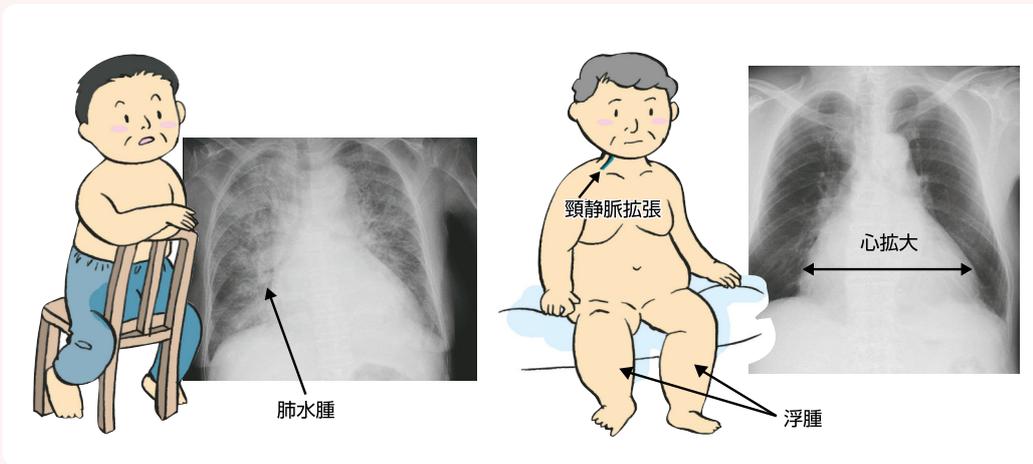


図 心不全の症状 / 左の男性は息苦しいため、いすに寄りかかって座っています。胸のX線写真も肺の部分が白くなっています。右の女性は、両下肢に浮腫があり腹部もぼつりして首の静脈が張っています。胸のX線写真では肺は白くありませんが、心臓が大きくなっています (netter をもとに作図)

2016 (平成 28) 年初頭には新手術棟に^{だいどうみゃくりゅう}大動脈瘤に対するステントグラフト治療や弁膜症、先天性心疾患に対する血管内治療の専門治療室であるハイブリッド手術室が完成し、さらに心臓血管疾患診療体制が整います (写真 2)。

循環器内科の特徴

^{しんきんこうそく}心筋梗塞・狭心症に対するカテーテル治療、心房細動や他の不整脈に対するカテーテルアブレーション治療、致死性不整脈に対する植込み型除細動器治療、心不全に対する心臓再同期治療のほか、肺高血圧症や心サルコイドーシス、拡張型心筋症などの特定疾患に対しても専門的な診療を行っています。また、心疾患への新薬の臨床治験にも積極的に参加し、希少な心疾患に対しても最新医療を提供しています。

心臓血管外科の特徴

心臓の血管に対する冠動脈バイパス術をほぼ全てオフポンプ (心臓が動いている状態) で行っています。そして、既に心筋梗塞を起こして極端に弱っている心臓に、バイパス手術だけではなく、さらに踏み込んで心臓の筋肉自体にメスを加えて修復することで、他施設では心臓移植しか手段がないと考えられる心臓でも修復できることもあります。心臓の弁は人工弁^{そうぼうべん}への置換だけではなく、僧帽弁については95%以上を自分の弁を修復でき、小さな創^{きず}で行う手術 (MICS手術) も可能です。同時に心房細動などの不整脈に対する手術 (メイズ手術) も併用して不整脈を治療し、薬を服用しなくてもよくなります。