

「超音波検査を理解しよう！」

熊谷生協病院 新島 正美

1. はじめに

近年、診療放射線技師が超音波検査の画像を見る機会が増えてきており、検査に携わる機会も多くみられる。一方で、超音波検査はスキル依存度の高い検査であり、検査を実施する者が描出できなかった所見は画像として記録に残らない。よって適切な知識と技術を習得しなければ、見逃しの原因となりうるため、その責任の大きさは計り知れない。今回のセミナーにおいて、超音波検査の基礎と特徴について、症例を交えて解説し、理解を深めていく。

2. 超音波の基礎

人間の可聴音域は、16～20kHzといわれており、一般にこれより周波数の高い音を、超音波(Ultrasound)、低い音を超低音と呼ぶ。

自然界では、超音波を使用して生活する生物が多く存在する。コウモリは口から超音波を発し、暗闇の中を飛ぶ際に障害物を探知する。イルカは鼻腔で発した超音波で自分の位置を知り、仲間との会話を行うといわれている。他にも医療や工業用などさまざまな応用がなされるようになり、「**超音波とは聞くことを目的としない音**」と定義されている。

医療用の超音波診断装置では、2～30MHzと高周波の超音波が用いられ、これらの周波数は振動子から観察部位までの距離に応じて使い分けられている。また、超音波は物質内を伝わる透過力と分解能が周波数に対して相反する関係にあり、低い周波数の超音波は深いところまで届き反射音が返ってくるが、分解能は劣る。逆に、高い周波数の超音波は高分解能だが、深いところまで超音波は届かない。よって腹部のように深部まで描出したい領域には、3.5～5.0MHzの低い周波数

を、乳腺や甲状腺など体表に近い領域では7.5～15MHz程度の高い周波数を用いるなど、検査対象部位に併せて適切な周波数の選定が必要となる(図1)。

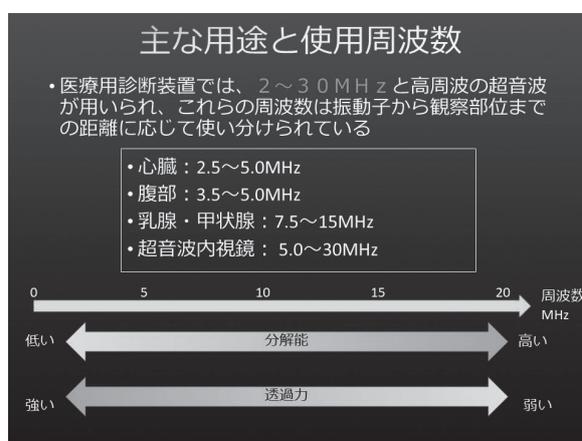


図1. 主な用途と使用周波数

次にX線画像と超音波画像の構成の比較について述べる。X線画像は透過像であり、組織のX線吸収係数の差を画像にしているが、超音波検査は反射像であり、音響インピーダンスの差を画像にしている。音響インピーダンスには音速が深く関わっているので、組織の音速の差を用いていて画像化していると言い換えられる。

3. 超音波の特性

超音波検査の大きな特徴は、動画の観察時が全てであり、術者が拾い上げられない所見は結果として残せないことである。それゆえに再現性に乏しく、スキル依存性が高い検査といわれている。

術者のスキルには多くの知識(物理特性・解剖学・病態・装置・病理学・経験から得た知識など)や走査技術・動体視力があり、これらが結果を左右する。以下にこれらのスキルについて解説する。

3-1. アーチファクトの理解と正確に病変を拾い上げる知識

物理的な特性に関する知識としてアーチファクトがある。アーチファクトは診断に影響を及ぼす邪魔なものイメージがあるが、超音波検査ではアーチファクトの存在が病変を導く事が多く、アーチファクトについて理解することは大変重要である。代表的なアーチファクトには以下のものがある。

①多重反射 (図2)²⁾

超音波ビームは、生体内の強い反射体で反射し、再び振動子面で受信されるが、超音波ビームの一部が皮膚と振動子との境界面(体表面)で受診されずに反射する事がある。この時、体内の反射体と体表との間で超音波は多数回反射を繰り返しながら振動子に受信され、反射体までの距離の整数倍の距離の所で次第に輝度の弱くなる(減衰による)虚像ができるため胆嚢ポリープなどの病変が見えにくくなったりする。また、コメットエコーも多重反射の一つであり、小嚢胞・小結石・小さな空気のみなど反射体同士の多重反射である。つまり、コメットエコーがあるということは、胆嚢壁内結石・胆嚢筋腫症におけるRASなどの存在が疑われるということになり、アーチファクトから病変を推定できる。

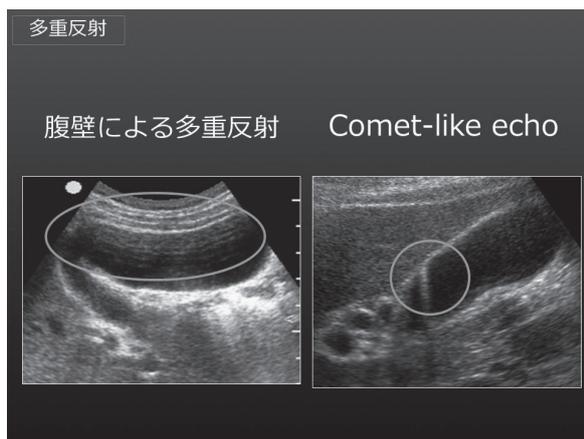


図2. 多重反射

②サイドローブ (図3)²⁾

サイドローブとは、副極のことで、サイドローブが強く反射されてメインローブの信号と同時に受信されると、描出された画像にサイドローブによる虚像が重なってしまう。図は胆嚢内に見られ

るサイドローブによるアーチファクトで、胆嚢内のスラッジ(胆砂)との鑑別が必要である。

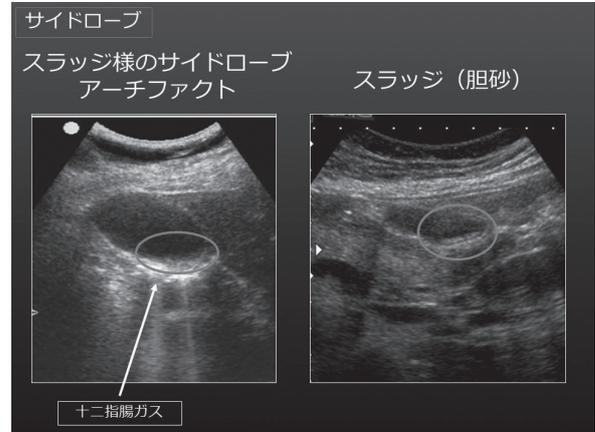


図3. サイドローブ

③鏡像 (図4)²⁾

横隔膜などのように音響インピーダンスの大きく異なる面が存在する時、これを鏡面として超音波が反射して虚像を作る。

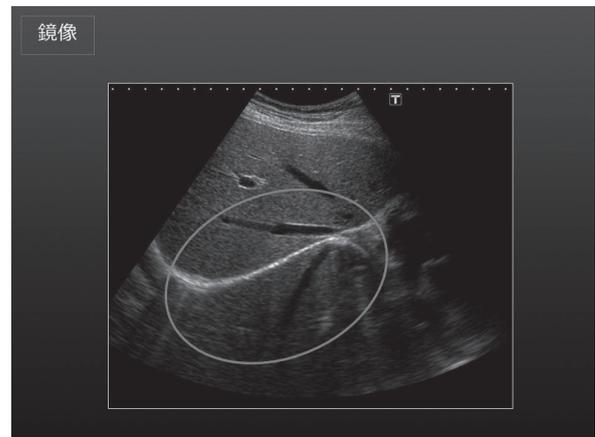


図4. 鏡像

④外側陰影 (図5)²⁾

外側陰影は、形状が球体に類似し、嚢胞などの辺縁平滑な組織の後方両側面に生じる音響陰影である。球状組織の音速が周囲と異なるため、その組織表面での反射と球状組織全体のレンズ様の動きで辺縁付近の屈折が強くなる事により生じる。

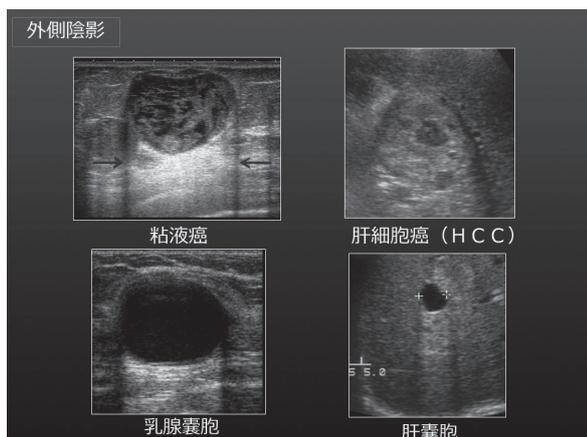


図5. 外側陰影

⑤音響陰影 (図6)²⁾

石灰化や石など超音波ビームが透過しない組織の後方は、反射超音波信号がほとんどない帯状の無エコー野になり、これを音響陰影と呼ぶ。胆嚢内結石・石灰化巣・消化管内ガス・消化管内バリウムなどで見られることが多い。

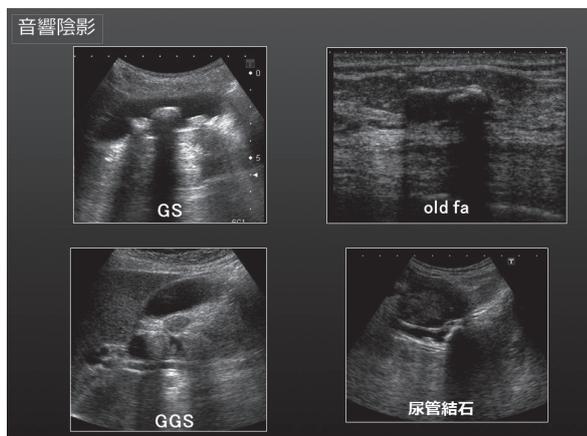


図6. 音響陰影

生体内の組織により、超音波が反射・吸収・散乱・拡散などを起こすと、その組織の後方に超音波が到達しない事になる。これを減衰と呼び、音響陰影は組織の後方エコーが存在しない程度に減衰した場合をいう。

3-2. 圧迫と死角を意識した走査テクニック

プローブ走査において、腹部や表在など目的臓器によってコツがある。腹部では、肋間走査では圧迫し過ぎず、肋間にプローブを固定して見ていく。肋弓下走査では、えぐり込むように圧迫し、消化管ガスを排除しながら観察する。乳腺では、

不要な圧迫をせず、スクリーニング時はフェザータッチで行う。乳房は円弧状になっているため、プローブの角度を意識して常に皮膚に垂直に当たるように意識する。

図7は左右とも同じ場所を圧迫圧を変えて撮像したものである。左側はフェザータッチで撮像したもので、小さな低エコー域と点状高エコースポットが明瞭に描出されている。右側は圧迫を加えた画像で、病変部は潰れてしまい描出できていない。このように過度な圧迫はDCISのような柔らかい病変を潰してしまうため注意が必要である。

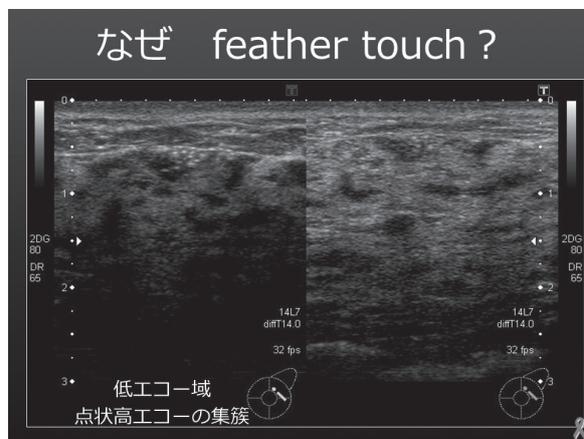


図7. 圧迫による見え方の差

また、解剖と死角についても理解する必要がある。図8は、S3の心臓近傍のHCCである。死角に存在し、拍動のタイミングで見えたり見えなかったりするため、描出が難しい症例であった。

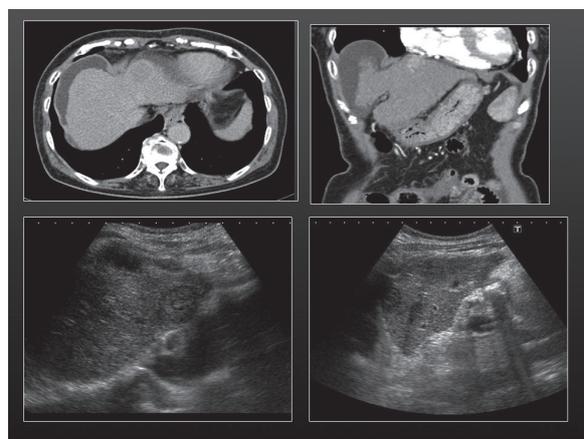


図8. 死角にある病変

乳腺では、MMGでもブラインドエリアが存在するが、超音波検査でも死角となる部位を意識した走査が必要となる。主に見落としやすい部位と

して乳頭直下と乳腺の辺縁が挙げられる。

3-3. 病変の特性（成分による見え方の違い）

他のモダリティでも同様であるが、同じ病変でも病変の内部状態によって見え方が異なる場合がある。代表的な例では肝血管腫が挙げられる。まず見え方（内部エコー）の変化については、経時的に変化する wax and wane sign と体位変換による変化の chameleon sign、プローブで圧迫すると描出されていた腫瘍が不明瞭あるいは消失したように見える用手圧迫による変化も知っておくべき所見である²⁾。いずれも検査中に圧迫や体位変換などにより、血管腫の血洞の拡張と収縮が血液の貯まる量により変化し、見え方が変わる現象を言う。非典型例としては巨大血管腫と脂肪肝内の血管腫が挙げられる（図9）。

これらの特性を理解していないと、鑑別診断としてピックアップできなかつたり、見落としてしまう可能性があるため注意が必要である。

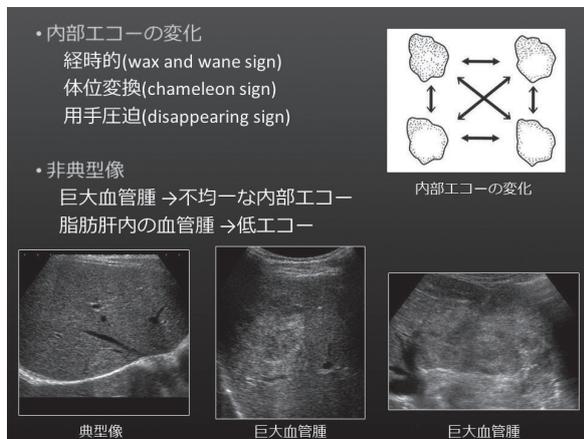


図9. 血管腫の変化²⁾

3-4. 装置の特性と適切な使用

他のモダリティでも撮影条件を工夫し、プロトコルを設定していると思われるが、超音波検査でも同様に撮像条件を設定することは重要である。画質を調整するパラメータとして、基本となるものにゲイン、ダイナミックレンジ・STC・表示深度・フォーカスがある。そして最近の装置に導入されている特殊機能としてTHI、ビームコンパウンドや特殊フィルタ処理、血流・硬さなどを評価する多くのアプリケーションがある。おのおの調整する所はあるが、正常組織の構造物が明瞭に描

出できることが重要となっている。

実際に装置についての知識があるとどのように画像に活かせるのか症例を提示する。

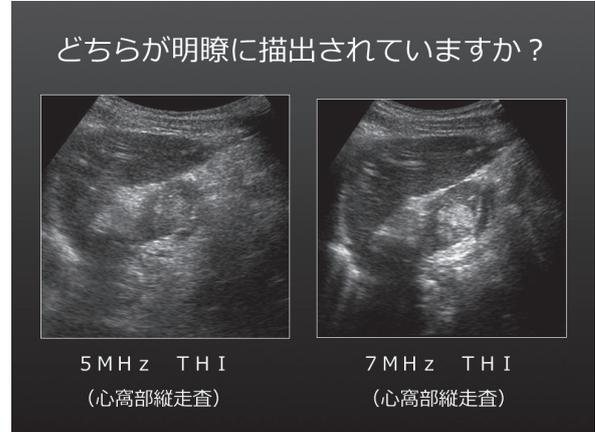


図10. 周波数による描出能の差

図10は、S1にあるHCCの症例を周波数の異なるプローブで撮像したものである。7MHzの周波数で撮像した画像のほうが腫瘍内の隔壁構造(nodul in nodul)まで明瞭に描出されている。このように腹側に近い部位では、周波数が高いプローブを用いた方が分解能が優れるため、対象部位によって使い分けが必要である。

次にBモード画像とビームコンパウンドを用いた症例を比較する。図11は、腸重積の嵌入部の短軸像である。ビームコンパウンドは多方向からビームを入れることで病変部の辺縁などのコントラストが向上する技術で、画像からも、コンパウンドを入れた方が腸管の層が明瞭に描出されていることが分かる。

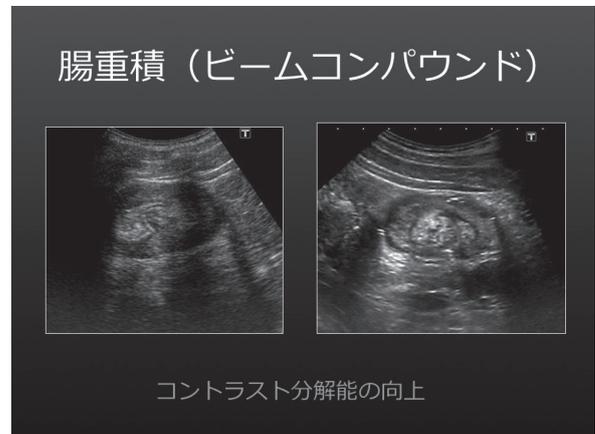


図11. ビームコンパウンド

他、各メーカーで特殊フィルタを用いた技術もあり、コンパウンド技術とこれらの特殊フィルタの組み合わせで何通りもの画像パターンができるので適切な組み合わせで検査を行うことが重要である(図12)。ただし、フィルターを効かせ過ぎると違和感のある画像になるので、過度な設定にはしないことが大切である。

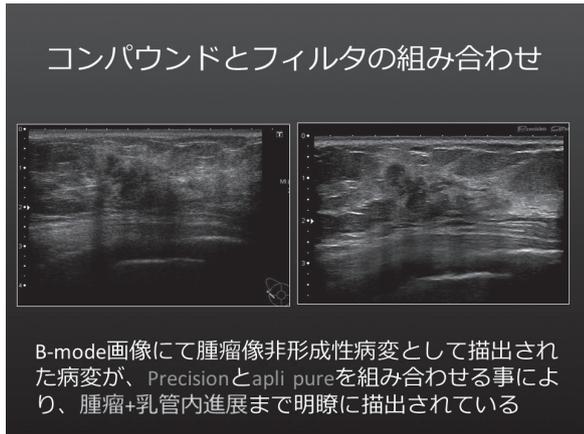


図12. コンパウンドとフィルタ処理

3-5. 病変の質的診断・病理対比

超音波検査画像は、内部エコーや後方エコーにより、病変部の成分の推定が可能であり、組織型などの推定ができる(図13)¹⁾。そして断面が一致していれば病理画像との対比がしやすいことも特徴の一つである(図14)。

	減衰型 (線維成分に富む腫瘍)	中間型 (音響特性が正常組織に似る腫瘍)	増強型 (細胞あり、水分に富む腫瘍)
内部エコー			
後方エコー			
無エコー			悪性リンパ腫 嚢胞
極低～低エコー	硬心性 浸潤性小葉癌 陈旧性線維腺腫 濃縮嚢胞 顆粒細胞腫	濃縮嚢胞	充実型 嚢性癌 悪性リンパ腫
低エコー	管状癌 硬化性腺症 濃縮嚢胞 脂肪壊死 RS/CSL	線維腺腫 乳管内乳頭腫 濃縮嚢胞・硬化性腺症 ADH+過誤腫・RS/CSL	非浸潤性乳管癌 乳頭癌・化生癌・腺癌 幼若な線維腺腫 乳管内乳頭腫 葉状腫瘍 授乳性腺腫
等エコー		脂肪腫・過誤腫	粘液癌 乳管内乳頭腫
高エコー	硬心性 浸潤性小葉癌 シリコン肉芽腫	脂肪腫・脂肪織炎・乳癌・脂肪壊死・過誤腫	粘液癌 浸潤性小葉癌 乳癌・血管腫・アテローム 乳管内乳頭腫

図13 乳腺腫瘍内部エコーと後方エコー¹⁾

病理画像との対比がしやすい

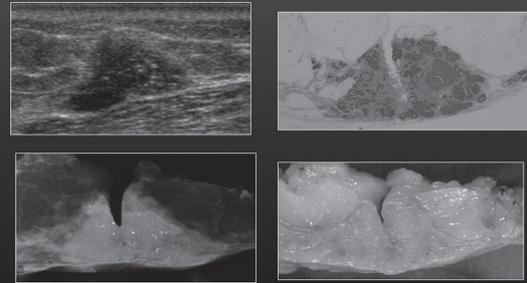


図14 病理画像との対比

3-6. 非侵襲的な検査

- ①超音波検査は電離放射線による被ばくを伴わない(非侵襲的)ため、繰り返しの使用が可能である。
- ②カラードプラ・パワードプラなどにより造影剤を用いなくても血流情報が得られるため、腎機能低下でヨード系造影剤の使用不可能な患者の血流情報にも有効である(図15)。

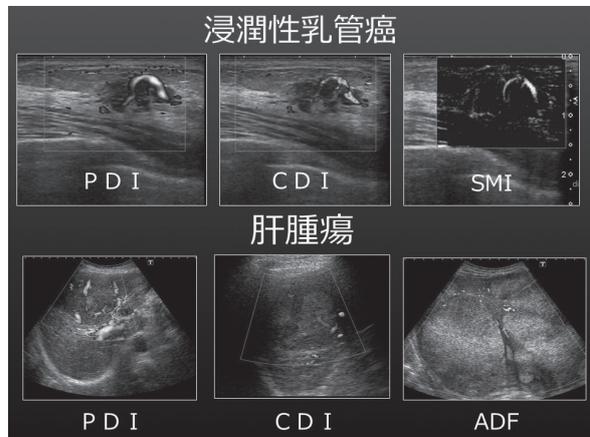


図15. 血流評価

③組織や病変の硬さ評価ができる

エラストグラフィは硬さを評価する機能であり、大きく分けて歪み画像であるストレインエラストと剪断波画像であるシェアウェーブの2つに分類され、図16のような特徴がある。乳腺や甲状腺などの表在領域では、一般的にstrain erastの方をよく用いている。エラストグラフィにおいては、メーカーや機種によって手法や画像化の方法が異なり、評価方法も若干異なる場合があるので注意が必要である。



図16. エラストグラフィ

図17は、浸潤性乳管癌のエラストグラフィ画像である。Bモードでは腫瘍の境界がどこまでか不明瞭だが、エラストグラフィでは硬い腫瘍影が明瞭に描出され、視認性も向上している。青い部分が多く、硬い腫瘍であることが分かる。

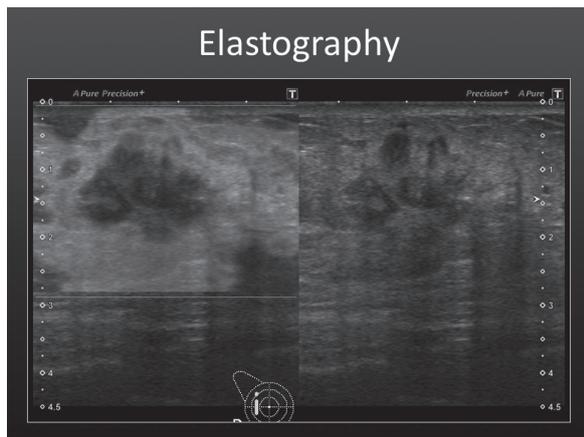


図17. 浸潤性乳管癌

3-7. リアルタイム性

- ①胆石の可動性や乳管内充実エコーの流動性の有無など、リアルタイムでの動的観察が可能である。
- ②任意の走査面を連続的に観察可能で、断層方向の選択が自由なため、穿刺・生検・ドレナージなどのガイド用モニタとして使用可能である。
- ③ソナゾイドを用いた造影超音波検査は、腎機能が悪く、造影CTができない患者や、閉所恐怖・MRI禁忌の金属を埋め込んだ患者でMRI検査が行えない患者に対し、肝臓および乳腺領域でリアルタイムに質的診断を行うことができる。

3-8. 技師と患者との距離

超音波検査は、ベッドサイドにて最初から最後まで患者と近距離に位置する検査であり、呼吸コントロールや体位変換など、患者の協力が必要な検査でもある。患者は病気や検査に対する不安をかかえて検査に臨んでいるため、術者は態度・言葉遣い・顔の表情にまで気を配り、上手くコミュニケーションを取りながら検査を行う必要がある。

4. まとめ

超音波検査とは、人体に超音波を入射させ、生体の各部分からの反射波を受信し、増幅・映像化する検査であり、その画像を観察しながら、術者が判断しつつ進めてゆく検査である。そのため、超音波検査の特性を理解し、検査を行うことが重要である。スキル依存度の高い責任重大な検査であるが、やりがいのあるモダリティでもあり、一人でも多くの技師に興味を持って検査に携わっていただきたいと願う。

本稿が超音波検査についての理解を深められ、各モダリティ間における、画像の比較に役立てれば幸いである。

参考・引用文献

- 1) 乳房超音波診断ガイドライン
編集：日本乳腺甲状腺超音波医学会
- 2) 腹部超音波テキスト 上・下腹部
編著：辻本 文雄
著者：松原 馨・井田 正博

「全身撮像から考える全身MRI撮像の基本」

～DWIBS～

埼玉医科大学病院 仁藤 真吾

1. はじめに

2020年の診療報酬改定により、全身MRIに診療報酬加算（600点）が新設された。診療報酬加算要件として「前立腺癌の骨転移検出の為の全身MRIの指針」に基づく必要がある。全身MRI撮像は多くの施設で実践可能であるが、実際に撮像するには多くの知識、技術が求められる。ウィンドウ幅（WW）やウィンドウレベル（WL）の設定といった基本的な所や、脂肪抑制不良や歪みによるアーチファクト対策、ポジショニングの工夫による画質改善などさまざまである。今回は全身MRIに用いられるDWIBSについて紹介する。

2. DWIBSについて

2-1. DWIBSとは

Diffusion weighted Whole body Imaging with Background body signal Suppressionの略語で、背景抑制広範囲拡散強調画像を指す。2004年に高原医師が提唱された撮像法¹⁾で、DWIをベースに全身を複数個所に分けて撮像を行い、統合し広範囲画像を形成する（図1）。主に熱源検索やがんの全身スクリーニングに用いられている。既存の検査として、がんの全身スクリーニングにはPET-CTが使用されているが、多くのMRI装置でDWIBSに対応できる事や、PET-CTに

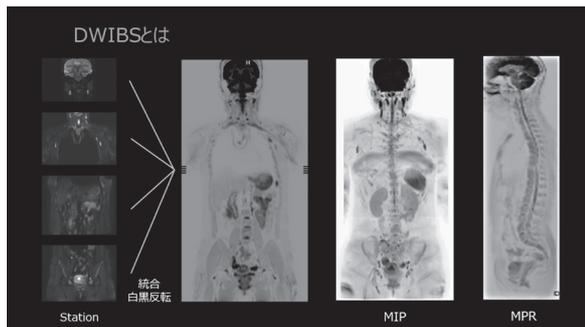


図1. DWIBS画像

比べさまざまな面で負担が少ないなどの理由から、PET-CTに代わる全身検索法として普及してきている。悪性原発腫瘍および転移巣の検出能に関して、統計学的に有意差がなかったと報告された論文もあり有用性がうかがえる。近年では人間ドックやがん検診でもDWIBSを検査に加える施設が増えており、多くがPET-CTとの比較を紹介している。

2-2. DWIBSとPET-CTとの比較

検査に当たり比較項目を記す（表1）。

PET-CTとDWIBSの画像は、どちらも腫瘍や炎症などがあれば画像上に強く表示されるが、正常でも高吸収、高信号となる部位では、病変の検出が困難である。それぞれ苦手とする臓器は異なり、PET-CTはブドウ糖核種の排泄経路が尿中であるため・腎臓・尿管・膀胱・前立腺（泌尿器科系）は高吸収になる。DWIBSでは大半が空気を占める肺、常時動いている心臓は苦手な臓器となる。また、脾臓・卵巣・精巣は、b値を大きくしても高信号に残る場合がある。検査時間は同等だが、検査前後の拘束時間や薬剤の侵襲性、価格などは全てPET-CTの負担が大きい。患者にどちらの検査が良いかと質問を受けた場合は、「得手不得手が違うので、交互に検査を受けるような、お互いを補い合う関係の検査法だと思ってください。」と説明すると納得される事が多い。

表1. DWIBSとPET-CTの比較

	PET-CT	DWIBS
注射	あり FDG	なし
食事制限	5時間前より絶食	なし
検査時間	約30分	約30分
安静時間	検査前1時間・検査後30～1時間	なし
検査不可の場合	腎疾患・糖尿病	金属デバイスなど（MR Unsafe）
料金	¥100,000 前後	¥50,000 前後
苦手ながん	ブドウ糖代謝が亢進しないがん	細胞密度の低いがん
不得意臓器	胃 腎臓 尿管 膀胱 前立腺	肺 心臓 脾臓 卵巣 精巣
エビデンス	確立している	データ蓄積中

3. 前立腺癌の骨転移検出のための全身MRI

3-1. 背景

日本磁気共鳴医学会より、前立腺癌の骨転移検出に対して行う全身MRI検査についての指針が出された。進行性前立腺癌の治療法は多岐にわたり、ステージングによって治療法が異なる。最適なタイミングでの治療法変更・決定が重要であり、画像診断が重要な位置づけとなる。骨転移の検査には長らく骨シンチグラフィが行われてきたが偽陽性・偽陰性が多いため、欧州ではコリンPET（日本未承認）、全身MRIが推奨され、骨シンチグラフィは第2選択となっている。全身MRIは骨転移の診断精度が高く、低コスト・非侵襲的なのでフォローアップに向いている。欧州泌尿器科学会が発表した前立腺癌の骨転移評価レポートシステム（MET-RADS-P）でも全身MRIを推奨している。

3-2. DWIの有用性

骨転移には造骨型と溶骨型、2つを合わせた混合型、骨梁間型のタイプがある（図2）。

造骨型骨転移は、リモデリングにより骨形成が促進されるため、CT、骨シンチグラフィにて高吸収、集積像として表示され、病的骨折を伴う事は少ない。反対に骨融解が促進する溶骨型では、増殖速度が速く膨隆性に形態の崩れが見られ、欠損像、集積低下像として画像に現れる。骨梁間型は海綿質内や洞内に浸潤し骨梁の変化を伴わないため、形態変化も乏しく非常に捉えにくい。DWIではこれらのタイプを問わず転移巣が高信号に描出されるため、所見として拾い上げが容易となる。

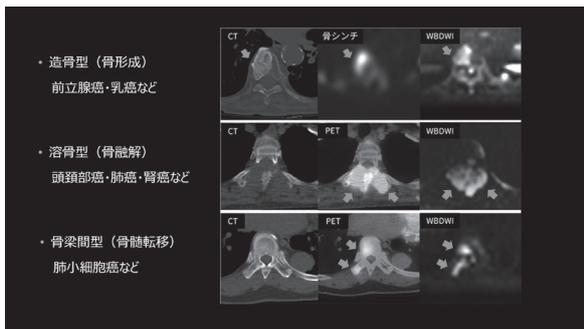


図2. 骨転移の見え方

3-3. 方法と細則

装置は1.5Tもしくは3Tを使用し、①～④を必須撮像とし、⑤はオプションとする（図3）。

- ① 全脊椎T1強調像（矢状断）
- ② 全脊椎STIR or 脂肪抑制T2強調（矢状断）
- ③ 全身T1強調像（水平断 or 冠状断）
Dixon法が望ましいが、GRE法in phase/opposed phaseでも可。
- ④ DWIBS b値0-100 800-1000s/mm²
ADCmap、多方向MPR MIP、Fusion作成
- ⑤ 全身T2強調像（撮像方向、脂肪抑制は問わず）

細則として、複数の躯幹部用コイルと脊椎コイルを組み合わせ、全身に対し3部位以上に分けて撮像する。DWIBSは原則水平断を求められているが、冠状断や矢状断に対して水平断が優れているという根拠はないため、撮像方向は問われていない。

また、診療報酬加算を得るためには上記に準じた画像を撮像し、画像診断管理認証機構に同意書と画像を提出しなければならないが、詳しくは認証機構の申請方法を参考にされたい。

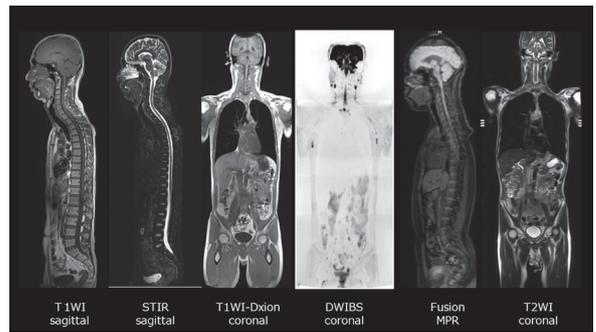


図3. 撮像シーケンス

4. 撮影時の注意点

4-1. 撮像範囲

頸部から骨盤までを含めて撮像するには、硬膜外脊椎静脈であるBatson静脈叢が関係している。Batson静脈叢は図4にあるように、椎体を取り囲むように存在する静脈ネットワークで、胸腹部や骨盤、四肢の静脈と交通している。弁構造を持たないため双方向性に血流があり、肝臓や肺

のフィルタを通らず直接組織に入り込むため細菌感染や血行性転移の経路とされている。膀胱・直腸・前立腺静脈叢も下大静脈を介さず脊椎静脈叢に交通するので、癌が骨転移しやすいのも理解できると思われる。

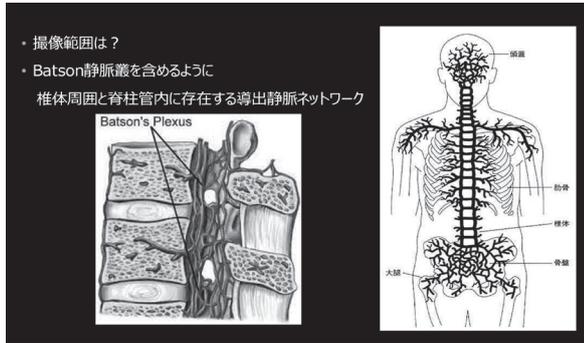


図4. Batson静脈叢

4-2. 縮腫とWW/WL

DWIBSを白黒反転して表示するのは、観察者の縮腫を期待しているからである。人の目は黒い背景に白い小さな点を見つけようとするとき、面積の大きい黒背景に影響されて瞳孔は開く傾向にある。散瞳した状態では被写界深度が浅くなりピントが合いにくい。反対に背景が白く明るいとき縮腫によりピントが合いやすく、小さな病変を見出しやすい。次に適正なウィンドウ値の設定として、リンパ節や脊髄神経が十分高信号になるようにWWを絞って観察しなければならない。WW/WLの設定に迷った時は、参考文献²⁾より、脳脊髄液と背景部分にROIを設定し、MAX値を図6の式に当てはめると適正なウィンドウで表示できる。

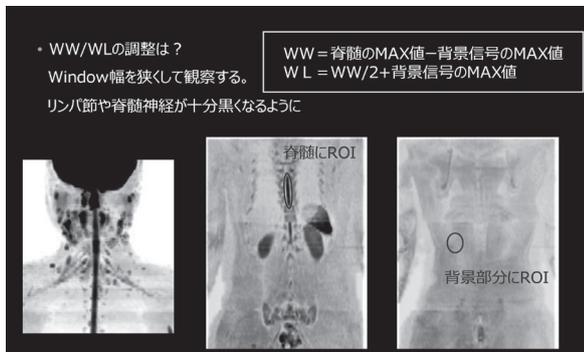


図5. WW/WLの設定方法

Fusion画像はDWIBSをカラースケールで表示し、全身T1WIもしくはT2WIに重ね合わせた画像である。Fusion後の画像はセカンドリ・キャ

プチャーとして保存され、作成後はFusionの比率やそれぞれのウィンドウ調整をすることができなくなるため、合成位置やコントラストに注意が必要である。図6にカラースケールのWW/WLを変えた画像を提示する。背景信号が赤すぎる場合では、全体のコントラストが下がり解剖構造が不明瞭になる。中央の画像は一見コントラストがついて分かりやすそうだが、背景が透明な場合では信号のしきい値が高すぎて病変部の信号もカットされている恐れがある。背景が淡く残る程度にコントラストを調節することで、有意なものと同程度の高信号のしきい値を作ることができる。

また合成する位置は、呼吸の影響を受けにくい椎体を基準に重ね合わせる。自由呼吸下と吸気で撮像したことによる臓器の位置ずれは、浅い息止めなどでの検査説明により改善する場合がある。

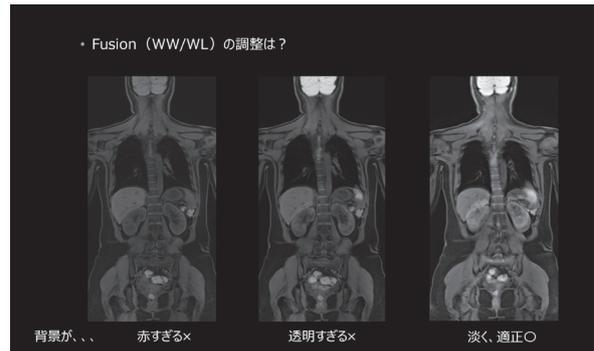


図6. Fusion画像のWW/WL

4-3. 脂肪抑制

DWIでは脂肪抑制不良があるとケミカルシフトアーチファクトが発生し、診断の妨げになる場合があるため、部位や撮像条件に適した脂肪抑制法を選ばなければならない。脂肪抑制にはCHESS法、STIR法・DIXON法などいろいろあるが、DWIに限らずMRI検査を行う上で、それぞれの特徴を把握しておく事は重要である。DWIBSには広範囲に均一な脂肪抑制が求められるため、CHESS法などOff-centerになるほどB1不均一の影響が表れる選択的脂肪抑制法は推奨されない(図7)。STIR法は水と脂肪の緩和時間(T1)の差を利用する撮像法で磁場の不均一に強いため、DWIBSにはSTIR法が用いられる。

STIR法は脂肪と同程度のT1値の短い消化管内容物なども同時に抑制できるので、MIP処理にも

適している利点がある。3T装置では、腹部や骨盤部にSTIR法と水選択励起法を併用すると、より均一に脂肪抑制が働く場合もある。



図7. 脂肪抑制法

4-4. アーチファクト

図8は冠状断を位相方向R-Lで撮像した画像で、矢印(➡)で示した所に山状のアーチファクトが位相方向に沿って見られる。これはSignal pile-up artifactと呼ばれ、Off-centerの歪みが原因で発生する。DWIは歪みに強く影響されるシーケンスなため、図8の式にあるようなパラメータを調整して歪みを抑える事で改善できる場合があるが、それでも発生する場合はスライス断面や位相方向を変えるとよい³⁾。装置によって歪みの程度は変わるので、ファントムを用いて静磁場の均一性を確認しておく事が重要となる。



図8. Signal pile-up artifact

次にZebra artifactについて説明する(図9)。DWIBSは自由呼吸下で撮像を行うため、各スライスの信号収集時のずれが画像上の位置ずれとなって縞状のアーチファクトが発生する。撮像断面と並行に現れるため、横断像の場合は冠状断と矢状断、冠状断で撮像した場合は横断像と矢状断でそれぞれ見られる。

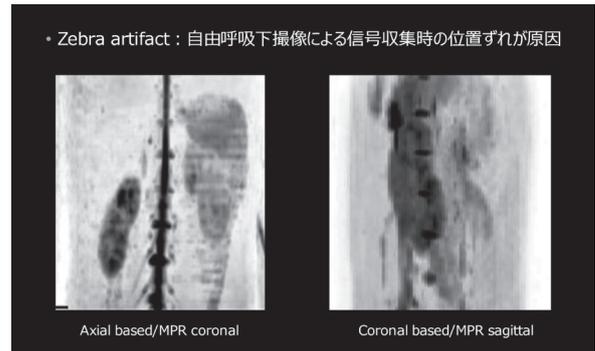


図9. Zebra artifact

5. 症例

70代 男性

検査目的：既往歴に前立腺癌あり 骨転移検索
全脊椎T1強調像の矢状断を示す(図10)。椎体に着目すると、同年代に対し全体的に低信号になっているのが確認できる。通常、出生時より椎体は赤色髄という造血機能を持った柔らかい骨で構成されているが、加齢に伴い造血機能のない脂肪髄(黄色髄)に置換されるため、信号変化は10代までは椎体中心部が高信号として表示されるが、徐々に椎体全体が高信号に移行する。次に、STIR法とT1-Dixon法(In-phase Opp-phase)では、STIR法で脊椎全体が高信号、In-phase Opp-phaseで共に同等の低信号に確認できる(図11)。

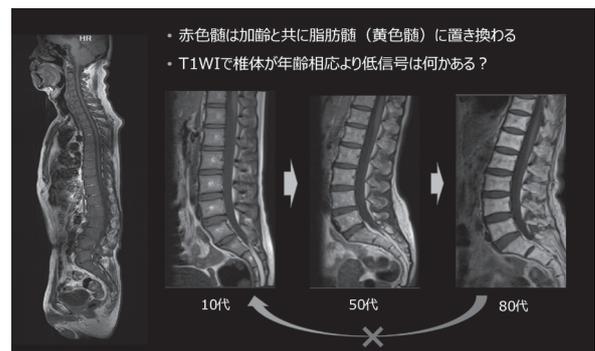


図10. T1矢状断 加齢性変化

これらの信号強度を表にあてはめると転移や良性浮腫(骨浮腫)が該当する。この時ポイントとして、In-phaseに対しOpp-phaseで明らかな信号低下がある場合は、脂肪成分を含む赤色髄や血管腫と考えられるため、DWIで高信号だとしても骨転移は否定される。

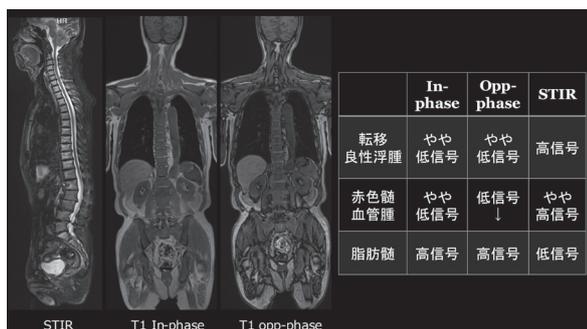


図11. STIR法とT1-Dixon法

最後に、DWIBS MIP 画像を追加する（図12）。B値800以上では良性浮腫のような、自由度が高い水分子は拡散制限を伴わないため低信号となる。椎体以外にも肋骨や骨盤、大腿骨にも高信号が見られ、Batson 静脈叢に沿った前立腺癌原発の多発性骨転移が疑われた。



図12. DWIBS MIP

6. さいごに

全身MRI撮像としてのDWIBSの有用性は多岐に渡り、腫瘍のみならず膿瘍などの炎症検索やがんの治療効果判定にも用いられる。今回は前立腺がんの骨転移に対する検査として、全身MRIについて述べた。主にDWIBSの基礎的内容について述べたが、本稿がこれからの業務の一助になれば幸いである。

7. 参考文献

- 1) 高原太郎 今井裕：広範囲骨幹部拡散強調背景信号抑制(DWIBS)法の概要と今後の展望。映像情報 Medical36:46-50,2004
- 2) 第4版全身DWIBSドライブスルー

3) MRI応用自在

「上部消化管X線検査における読影の進め方」

～読影力を身に付けるため、『かけ離れ』という考えから始めてみよう～

埼玉県済生会川口総合病院 池田 圭介

はじめに

読影力を身に付けるためには、撮影された画像をみて読むことだけをするのではなく、知識や撮影技術学、読影の基本的な進め方や考え方などをすることも必要となる。

- ・ 知識を身に付ける
- ・ 撮影技術力を身に付ける
- ・ 読影力を身に付ける

撮影でも読影でも、早期に治療できる胃がんを見逃さないことが重要である。胃がんの中でも、最も一般的なものは胃癌（上皮組織に発生する悪性腫瘍）であるため、X線検診の読影では胃癌の発見を重視する必要がある。X線検査は撮影、読影、診断の3段階で行われるため、透視や撮画像から異常な所見を探すことが胃癌の発見の第一歩となる。

そして探し出した所見が良性なのか悪性なのかの判定が重要となり、そのためには、適切な追加撮影（二重造影のⅠ法やⅡ法を駆使した撮影技術力と違和感を感じとる透視観察力⁴⁾）や画像を読み解く力などが必要となる。本稿では、読影の初歩として、『かけ離れ』を用いた良悪性判定の考え方を紹介する。

1. 知識を身に付ける

読影に関することはもちろんだが、解剖や用語などを含めしっかり頭の整理をしていただきたい。しかし、これから挙げることを覚えれば大丈夫という訳ではなく、最低限知っていてほしい内容となるのでこれ以外の事柄についても少しずつ自分のものにしていただきたい。

1-1. 胃の部位の名称

読影の際、病変が胃のどこにあるかを示すため、

胃の部位の名称を知っておく必要がある(図1)^{2),4)}。

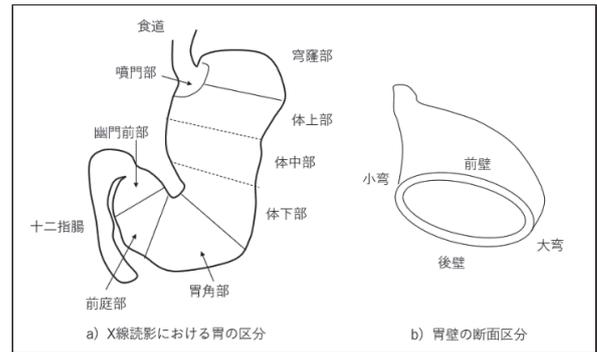


図1. 胃の部位の名称

1-2. 肉眼型分類

胃癌取扱い規約では、基本分類として癌腫の壁深達度が粘膜下組織（粘膜下層）までにとどまる場合に多くみられる肉眼形態を「表在型」とし、固有筋層以深に及んでいる場合に多くが示す肉眼形態を「進行型」としている。その形態を0型から5型に分類される(図2)^{6),7)}。

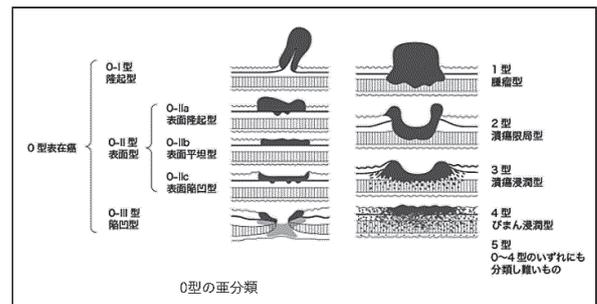


図2. 肉眼型分類

0型（表在型）は、凹凸の程度によって、0-Ⅰ型（隆起型）、0-Ⅱa型（表面隆起型）、0-Ⅱb型（表面平坦型）、0-Ⅱc型（表面陥凹型）、0-Ⅲ型（陥凹型）に亜分類している。

1-3. 組織型分類

組織型¹⁾は、腺管形成能の程度によって未分化型癌と分化型癌に2分類することができる。未分化型癌は、腺管形成能が弱く、正常胃の腺管構

造に似ていないがんであり、分化型癌は、腺管形成能が顕著で、正常胃の腺管構造に似ているがんと分類される。

また未分化型癌の大部分は陥凹型（Ⅱc, Ⅱc+Ⅲ）であり、隆起型はまれである。分化型癌には陥凹型（Ⅱc, Ⅱc+Ⅱa, Ⅱc+Ⅲ）と隆起型（Ⅱa, Ⅱ）の両方がみられる。つまり、隆起型のほとんどは分化型癌であり、陥凹型には分化型癌と未分化型癌の両方があることになる。分化型癌の約60%は陥凹型で、未分化型癌ではそのほとんどが陥凹型となる。

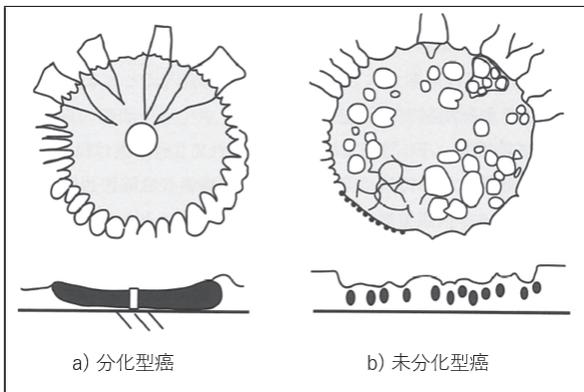


図3. 癌組織型別にみた陥凹型早期胃癌の特徴

1-4. 壁深達度

胃癌取り扱い規約⁷⁾では、胃壁を解剖学的に粘膜層（粘膜筋板を含む）、粘膜下組織、（固有）筋層、漿膜層（漿膜下組織および漿膜表面）の4層に区別し、がんの壁深達度は癌浸潤の及んだ最も深い層をもって表すことと定められている。その際に、深達度はT分類で記載し、かつ胃壁各層や多臓器浸潤を表すM, SM, MP, SS, SE, SI（表1に胃癌の壁深達度の定義と略称を示す）を記載することになっている。また、SMへの浸潤を亜分類する場合は、粘膜筋板から0.5mm未満のものをSM1、それ以深をSM2としている。なお、リンパ節転移の有無にかかわらず、T1腫瘍が「早期胃癌」となる。

表1. 胃癌の壁深達度

TX	: 癌の浸潤の深さが不明なもの
T0	: 癌がない
T1	: 癌の局在が粘膜(M)または粘膜下組織(SM)にとどまるもの
T1a	: 癌が粘膜にとどまるもの(M)
T1b	: 癌が粘膜下組織にとどまるもの(SM)
T2	: 癌の浸潤が粘膜下組織を越えているが、固有筋層にとどまるもの(MP)
T3	: 癌の浸潤が固有筋層を超えているが、漿膜下組織にとどまるもの(SS)
T4	: 癌の浸潤が漿膜表面に接しているかまたは露出、あるいは他臓器に及ぶもの
T4a	: 癌の浸潤が漿膜表面に接しているか、またはこれを破って遊離腹腔に露出しているもの(SE)
T4b	: 癌の浸潤が直接他臓器まで及ぶもの(SI)

1-5. 胃癌の三角

がん発生の“場”と“組織型”と“肉眼型”の3つの要素が作る関係を胃癌の三角^{1),5)}といい、これら3つの要素は互いに密接な関係にあり、それぞれを頂点に三角形を形成していることからその名称が付けられている。すなわち、発生の場が胃固有粘膜であれば、未分化型癌が発生する。未分化型癌は腺管形成が弱いため脆く崩れやすく、ほとんどが陥凹型主体の肉眼型を呈する。

一方、腸上皮化生粘膜からは分化型癌が発生し、分化型癌は腺管形成し膨張性発育することから、未分化型癌よりも隆起型を形成しやすい傾向にある。また肉眼型から眺めた場合、陥凹型病変は未分化型癌と分化型癌の両方があるが、隆起型病変ではほとんどが分化型癌とみなすことができる。

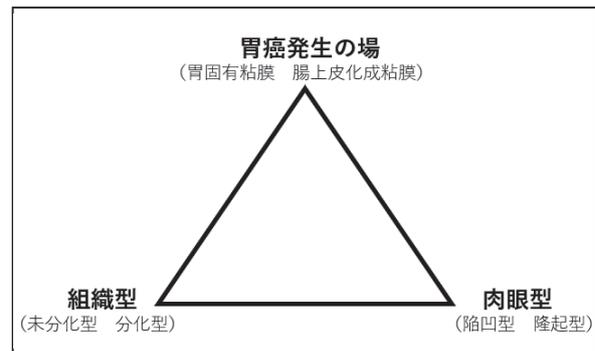


図4. 胃癌の三角

1-6. 4つの診断要素

基本的に読影する際には、まず写真画質を評価したのちに、X線所見を拾い上げる。次に拾い上げた所見を選別・集約し、最後に総合的に判定する。選別・集約する際には4つの診断要素を念頭に入れておく。その4つとは、存在診断・形状診断・質的診断・量的診断である（表2）。存在診断と形状診断の成否は、主に画質と関連し、質的

診断と量的診断の成否は、主に画像診断学の習熟度に関連する。

表2. 4つの診断要素

存在診断	性状診断	質的診断	量的診断
所見の有無 部位 (領域・壁在)	数・分布 大きさ 形態 (所見)	腫瘍性・非腫瘍性 上皮性・非上皮性 良性・境界・悪性 癌の組織形態	癌の範囲 (大きさ、広がり) 癌の深達度 (深さ)

1-7. 読影能

1-7-1. 認識力

認識力とは、所見があるかどうか、所見をどれくらい正確に認識できるかという読影者の能力である。この「認識力」は、前述した診断の4要素のうちの①存在診断②性状診断に主に影響される。

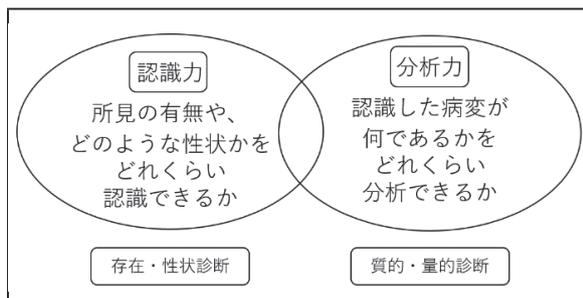
例えば「認識力」の低い読影者の場合、病変が存在していても、所見に気付くことができず見逃してしまう可能性がある。一方、「認識力」の高い読影者の場合、ごくわずかな所見であっても病変の存在に気付くことができる。

1-7-2. 分析力

分析力とは、所見を認識した場合、それが何かをどれくらい正確に分析できるかという読影者の能力である。この「分析力」は、主に③質的診断、④量的診断に影響する。

「分析力」と「認識力」は密接な関係があり、読影者の「認識力」が低いほど「分析力」も低くなりやすい傾向にある。肝心要の「分析力」を高めるには、「認識力」を高めなければならない。

しかし、「認識力」ばかりがいくら高くても「分析力」が低い場合、所見に気付くことはできるものの最終的な診断を間違ってしまうことがある。



1-8. 胃癌の六角形

読影をする際に、最低限必要なことがらがあり胃癌をきっちり診断するためには、次の6項目をできるだけ正確に診断する必要がある。

病巣の①部位②肉眼型③組織型の3つを基本因子とし、発育進展や治療法に関連する因子として④大きさ⑤潰瘍合併⑥深達度を加えた6つで、これらを「胃癌の六角形」²⁾と呼称する(図6)。

- 部位 どこにあり
 どんな粘膜から発生しているのか
- 肉眼型 どんな姿 形をしているのか
- 組織型 どんな種類 性質か
- 大きさ どれくらい発育しているのか
- 潰瘍合併 特徴的なクセをもっているのか
- 深達度 どれくらい手強いのか

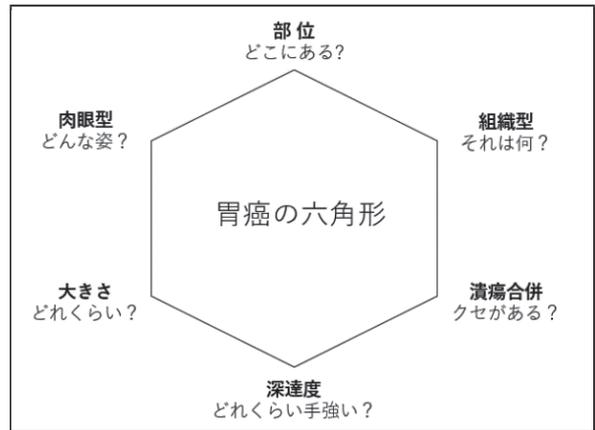


図6. 胃癌の六角形

胃癌診療に関連する臨床の間ではスクリーニング検査や精密検査を問わず、常に「胃癌の六角形」を意識した撮影と読影を行い、これらの項目をできるだけ正確に診断することによってはじめて、個々の胃癌の特徴を把握でき、最適な治療法や予後・QOL向上につなげることができる。

2. 撮影技術力を身に付ける

撮影においてはやはり基準撮影法³⁾が重要となる。撮影手順や撮影体位だけでなく、撮影順序も決められており、これらを厳守しなければならない。まだ導入をされていない施設の方が拜読されているのならば、早急に検討し導入をしていただ

きたい。また自身では基準撮影法に沿って検査を行っていると思っていても、そうではない撮影の仕方で行っている方もいまだに少なくない。今一度、自身の撮影手順や撮影した画像を確認し修正をしていただきたい。

中原氏は、胃X線検査の段階的な撮影技能修得の指針³⁾として、5段階のステップアップ方式を示している(図7)。

その最終段階として、病変に対する最も高度な技術である的確な透視観察と追加撮影ができるとしている。

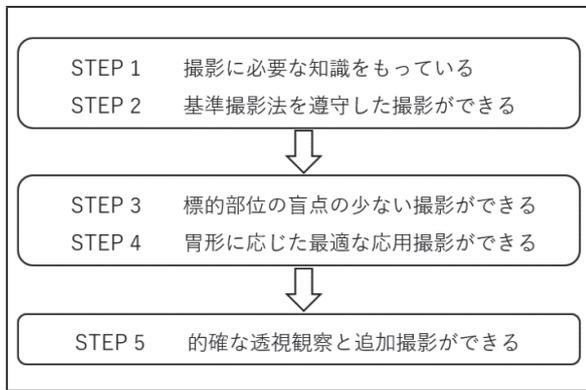


図7. 撮影の段階的な習得目標

2-1. 透視観察

的確な透視観察を行うことで病変に気づきやすくなると考えられる。ただし、透視中もしくは撮影された画像に違和感を持つことが出来なければ、その先の追加撮影を行うことは出来ない。たまたま、読影者に拾い上げてもらうこともあるが、見逃されてしまう可能性が大いにある。

消化管検査においては透視観察が重要であり、撮影は単なる記録にすぎないということを忘れずに行ってもらいたい(図8)。

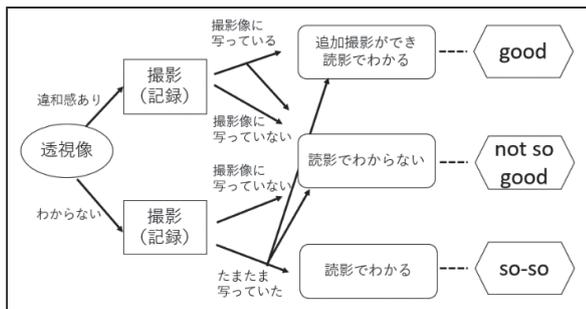


図8. 検査中から読影の流れ

2-2. 追加撮影

追加撮影⁶⁾の手順は、二重造影法Ⅰ法にて再現性のある所見かを確認する。次に、目的部位にバリウムを流すための体位変換を行い、二重造影法Ⅱ法で撮影をする。空気量やバリウムの厚みを変化させ凹凸の変化や、障害陰影を避けたもの、側面像など多方向撮影を意識しながら撮影を行う。

次の症例は、胃体上部から中部後壁にかけて違和感(図9)を持った撮影者が、このままでは存在診断はできるが質的・量的診断までできないと考え、追加撮影を行った。方法は、立位充盈の状態から圧迫筒を当てその状態のまま寝台を倒し、椎体と病変部を分離させるため軽度の第1斜位とした。その間にBaが流れているタイミングで撮影を数回行った(図10)。

追加撮影を行ったことにより、胃体上部から中部後壁に、大きさ約40×20mmの0-II c+ II a病変、深達度はSM、組織型は分化型癌と読影することが出来る。

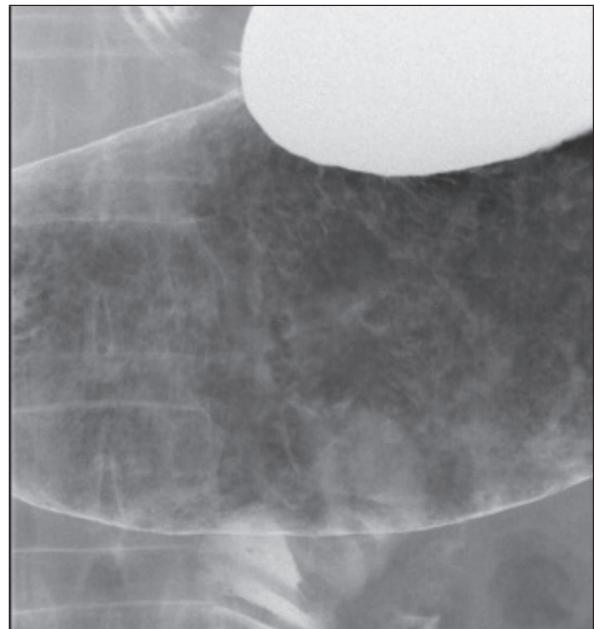


図9. 背臥位二重造影正面像

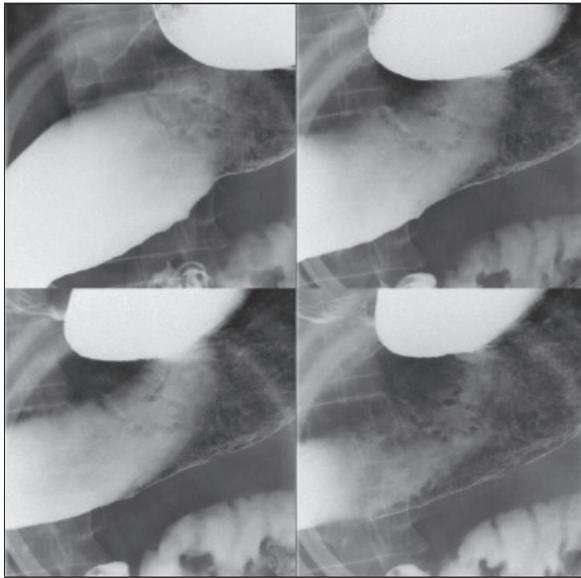


図10. 追加撮影

3. 読影

3-1. 読影のアプローチの仕方

読影のアプローチの仕方には、大きく3つがある。それは1) 直感に基づくもの (SENSE) 2) 経験に基づくもの (EXPERIENCE) 3) 理論に基づくもの (THEORY) である。

3-1-1. 直感に基づくもの (SENSE)

理由はよく分からないが何となくおかしいといった感覚的なもので、いわゆる“カン”である。これは、特に「所見の拾い上げ」の際に重要となる。スクリーニング検査ではこれという異常所見に気付くセンスを磨く必要がある。直感の欠点は、単なる個人的な印象にすぎないので、診断根拠がなく主観的であり当たり外れが大きい。

3-1-2. 経験に基づくもの (EXPERIENCE)

以前に類似したものを経験した記憶があることから診断にたどり着くものである。過去の記憶画像が多ければ多いほど、すなわち経験豊富なほど診断にたどり着きやすくなる。しかし、十分な診断根拠に乏しいまま経験則ばかりに頼りすぎるのは危険である。経験していないと全く診断ができない可能性がある。

3-1-3. 理論に基づくもの (THEORY)

過去の経験は少ないものの、文献的な知識、ある法則や手順、論理的な思考を駆使し、十分な診断根拠によって最終診断にたどり着くもの。理想的な工程であるが、そのためには、所見拾い上げから診断までの過程を大切にすること、診断根拠に関する豊富な知識や地道な努力が必要である。

これらはどれか1つに偏りがちになる傾向にあるが、いずれも大切であり、これら3つをよく兼ね備えたものが“理想的な読影”となる。直感を磨き、経験を積みながら、理論に基づいて、読影能の維持・向上をめざしていく姿勢が大切である。

3-2. 読影の三原則

読影の時点では、どんな病変が潜んでいるかは分からない。また、画像や胃の状態もさまざまである。そのような状況において、できるだけ見逃しの少ない適切な読影を行うための極意は、ビギナーであれベテランであれ、常に一定の状態で臨むことが大切だといえる。そこで、重要となるのが「読影の三原則」である (図11)。三原則とは、着目する①順序、②大小、③明瞭度の3つを常に意識することである。

まずは全体的に、大きくはっきりとした所見がないかを眺めることが第一である。粗大な異常がないことを確認したうえで、局所的に細かく部分的に見る。この優先すべき順序というものがきわめて大切であり、いきなり小さな細かいところに着目しないようにする。最初から細かいところを気にしすぎると、大きなものを見落としてしまう危険がある。

一方、はっきり分かりやすいものばかりではなく、何となくおかしいといった微妙な所見にも着目する必要がある。画像や病変の多様性の点から、病変があるにも関わらずひっそり隠れている可能性がある。特に凹凸変化が軽微な表在型の早期胃癌では、画像上の描出が不十分なものが少ないわけではなく、その認識も容易ではない傾向にあります。常に、①順序②大小③明瞭度を意識することが大切である。

全体像から局所像の順でみる	順序
大まかな所見から微細な所見の順にみる	大小
明瞭な所見から曖昧な所見の順にみる	明瞭度

図11. 読影の三原則

3-3. 読影の段階的な習得目標

撮影と同様5段階となっており、最終段階としての確な胃癌の六角形の診断ができるとなっている。知識を身に付け、異常所見を拾い上げ、それが何かを分析できるようになることが重要である。

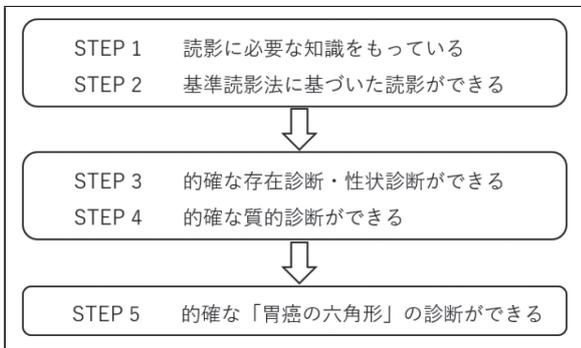


図12. 読影の段階的な習得目標

3-4. 画像の読み方

では、実際に読影をする際はどのようにすすめているのか。背臥位二重造影正面像を例にすると、①小彎ラインを上から下に見ていく②大彎ラインを下から上に見ていき穹窿部も見る③体上部から幽門前部にかけて粘膜面を見ていく。さらに、萎縮度やH. pylori 感染の有無、F線はどこかなどの背景粘膜を読むことも必要である。

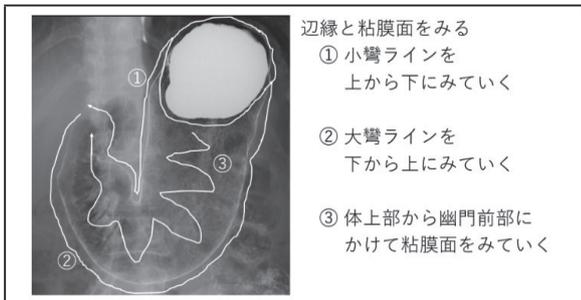


図13. 画像の読み方

3-5. かけ離れによる良悪性判定

読影をする上で胃癌の六角形や細かな項目を一つずつ読めるようになることは最終段階として必要だが、はじめから全てを網羅し読み進めていく

ことは困難である。そこで、疑う箇所が正常な粘膜と比較してどれだけ『かけ離れ』しているかに着目し読影を進めていただきたい。

はじめは『かけ離れ』から入り良悪性判定を行い、その次のステップとして胃癌の六角形を意識した読影に移っていければよい。加えて言うならば、病変を判定できるようになるためには、正常を正常と言える力も身につけなければならない。

判定方法は、次項で隆起性病変と陥凹性病変に分けて示していく。

3-5-1. 隆起性病変の判定方法

隆起性病変における肉眼的な良悪性判定の指標となる所見として、吉田氏は次に挙げる項目によって判定をするという考えを示している。つまり周囲粘膜と比較して、かけ離れの程度が大きいものほど、また輪郭が不整なものほど悪性度が高く、大きさは2cmを超えると悪性の頻度が増加するとしている。(図14)

- 隆起表面の性状 (周囲粘膜とのかけ離れ)
- 病変の輪郭の形状 (境界とのかけ離れ)
- 病変の大きさ 隆起の高さ (高さのかけ離れ)

図14. 隆起性病変における肉眼的な良悪性判定の指標となる所見

肉眼的異型度のフローチャートを一部改変したものを、図15に示す。

異型度により所見を正常から高度に分類し良悪性判定を行う。

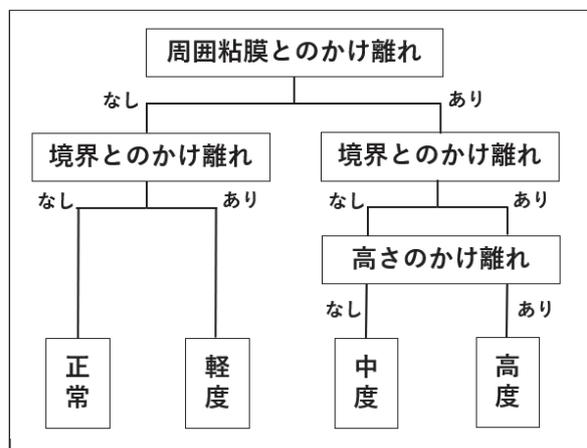


図15. 肉眼的異型度のフローチャート (改) (隆起性病変)

3-5-2. 症例1

隆起性病変の症例を次に示す。(図16 a, b, c)

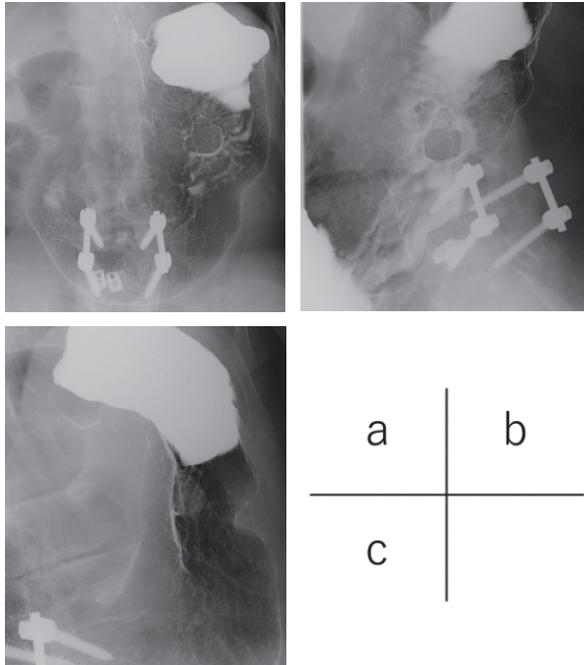


図16. 隆起性病変の症例

図16画像より、周囲粘膜とのかけ離れがあり、境界とのかけ離れがあり、高さのかけ離れがある、となるので異型度は高度となり良悪性判定では強く悪性を疑うことになる。(図17)

良悪性判定や大きさなどから判断すると、進行型の1型が疑われるが、病理結果から深達度はSM2に留まっていた。

診断は、胃体中部後壁に大きさ35×25×15mm、肉眼型は0-I型、深達度はSM2、組織型はtub2>por1。

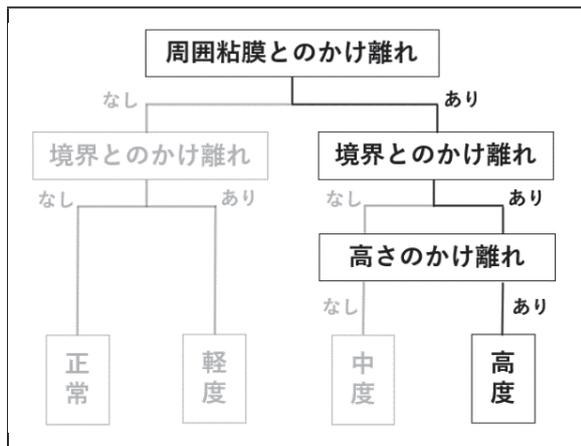


図17. 隆起性病変症例のフローチャート

3-6-1. 陥凹性病変の判定方法

陥凹性病変における肉眼的な良悪性判定の指標となる所見として、隆起性病変の判定方法を基に考えたものを次に示す。(図18)

病変が大きく陥凹が深く、また表面、輪郭、ひだが周囲粘膜と比較しかけ離れているほど悪性度が高くなる。

1. 病変の大きさ 陥凹の深さ (深さとのかけ離れ)
2. 陥凹表面の形状 (面とのかけ離れ)
3. 病変の輪郭の形状 (境界とのかけ離れ)
4. 病変周囲粘膜の形状 (ひだとのかけ離れ)

図18. 陥凹性病変における肉眼的な良悪性判定の指標となる所見

肉眼的異型度のフローチャートを図19に示す。隆起性病変の肉眼的異型度のフローチャート同様、異型度により所見を正常から高度に分類し良悪性判定を行う。

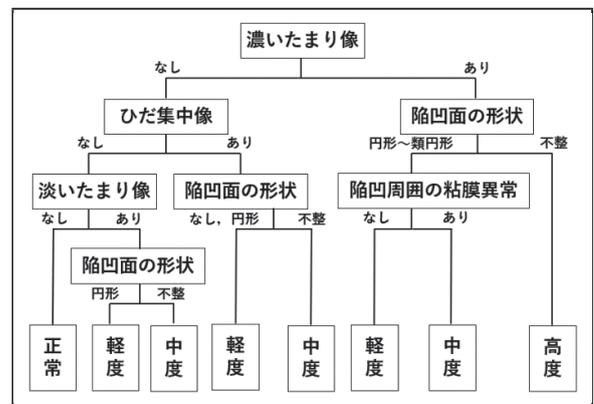


図19. 肉眼的異型度のフローチャート (陥凹性病変)

3-6-2. 症例2

陥凹性病変の症例を次に示す。(図20)

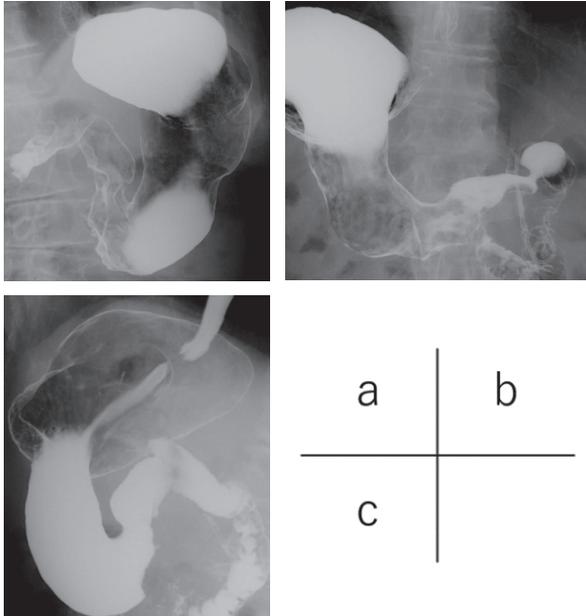


図20. 陥凹性病変の症例

図20画像より、前庭部前壁にBaの濃いたまりがあり(図20 b)、陥凹面の形状は不整であることから、肉眼的異型度のフローチャートに当てはめると異型度は高度となり、良悪性判定では強く悪性を疑うことになる。

診断は、前庭部前壁大彎より大きき75×53mm、肉眼型は2型、深達度はMP、組織型は tub1>pap>tub2。

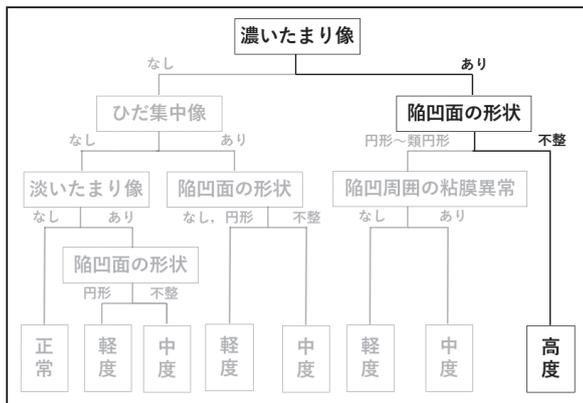


図21. 陥凹性病変症例のフローチャート

4. おわりに

読影力を身に付けるためには、今まで述べてきた知識や技術を身に付け読影の経験を積むことが

近道であると思われるが、一番は行うときに楽しくなれるか否かだと思う。例えば前壁撮影で、過去画像では描出範囲やポジショニングがイマイチだった人を自分が撮影したときは描出範囲も広く、Baの付着もよく、ナイスポジションだったとき、症例検討会で自分が読んだ内容が的確だったとき、他の施設の先生や技師に認めてもらえるようになったときなどは、皆さんもうれしいと思うし、楽しさも感じると思う。

症例検討会での注意点は、単なるクイズ感覚となり当たった外れたということだけになってはいけない。自分が考えた答えが仮に間違っている、何故違ったのか、どこが読めていなかったのかを考えることが大切であり次につながっていくと思う。症例検討会で自ら読むことは、間違えたらどうしようとか、怒られてしまうのではないかなど不安なことも多いと思う。しかし、そこは勇気を振り絞って読んでいくべきである。そうすることで、外野で見ているときの何倍も速く読影力が上がると思う。

5. 消化管検査の現状と今後への期待

消化管検査の現状は、X線検査から内視鏡に置き換わりつつある時代を迎えている。また読影医不足も大きな問題となっている。消化管検査を途絶えさせることなく後世に伝承するためには、先輩方が確立した撮影法や撮影技術だけでなく、読影力も身に付けた技師の育成がこれからの課題である。決められた体位を手順通りとりあえず撮影しあとは読影医に任せてという時代から、決められた体位を撮影しつつさらに標的病変を探しながら撮るといったスタンスで取り組むことが必要となる。

消化管検査の未来がどう変わっていくかは、これから検査に携わる世代の技師がどう向き合っていくかに掛かっている。最後まで拝読して下さった方の中から、一人でも多く消化管検査に興味を持ち楽しさを感じ、そしてバトンを受け継いでもらえたらと思う。本稿により、少しでもがん発見の向上につながれば幸いである。

6. 謝辞

末筆となりましたが、本稿執筆の機会を与えていただきました行田中央総合病院の浅見純一氏、ならびに埼玉消化管研究会世話人の諸兄姉に深く感謝致します。

7. 参考文献

- 1) 馬場保昌, 吉田諭史. 胃癌X線診断の究極. ベクトルコア, 2020
- 2) 中原慶太. これなら見逃さない! 胃X線読影法 虎の巻. 羊土社, 2015
- 3) 中原慶太, 水町寿伸. 胃癌をしっかりと表そう! 胃X線撮影法 虎の巻. 羊土社, 2019
- 4) 入口陽介, 小田丈二. 症例に学ぶ胃がんX線検診読影講座. 医療科学社, 2014
- 5) 中村恭一. 胃癌の構造 第3版. 医学書院, 2005
- 6) 丹羽康正, 安田鋭介, 西川孝. 上部消化管検査必携テキスト. ぱーそん書房, 2022
- 7) 日本胃癌学会. 胃癌取り扱い規約 第15版. 金原出版, 2017