
解 説

現在の CT/MRI 診断：Common disease を中心に

深 津 博*

はじめに

画像診断は理学的所見、血液／尿検査、生理学的検査に続いて選択される臨床検査の一つであるが、その本来もつ客観性や豊富な情報から、特に癌等の形態診断が主体となる疾患に対しては、臨床のマネジメントを決定する重要な情報を提供することが多い。特に近年の CT、MRI 等をはじめとする画像診断機器の進歩は急速で、具体的かつ特異的な情報が短時間に大量に発生する特徴がある。

本稿では一旦基本に立ち返り、臨床医として CT、MRI を診断ツールとして使うために最低限押さえておくべき事項を再確認することからはじめ、躯幹部の Common disease を中心に典型的

な所見とその意義について概説する。

CT

CT は同じ X 線を用いた単純写真と比較して二つの大きな利点を有する。一つは単純写真が投影像であるのに対して、CT が断層像であること。もう一つは単純写真と比較して軟部組織のコントラスト分解能に優れることである。

図 1 は腹部の単純写真正面像と、同一患者の肝臓のレベルの CT 像である。

CT では肝臓に腫瘍が低吸収域として描出されており、その腫瘍が比較的腹側に存在することがわかるが、単純写真では肝臓に関する具体的な情報は乏しいことが明白である。CT は X 線吸収値

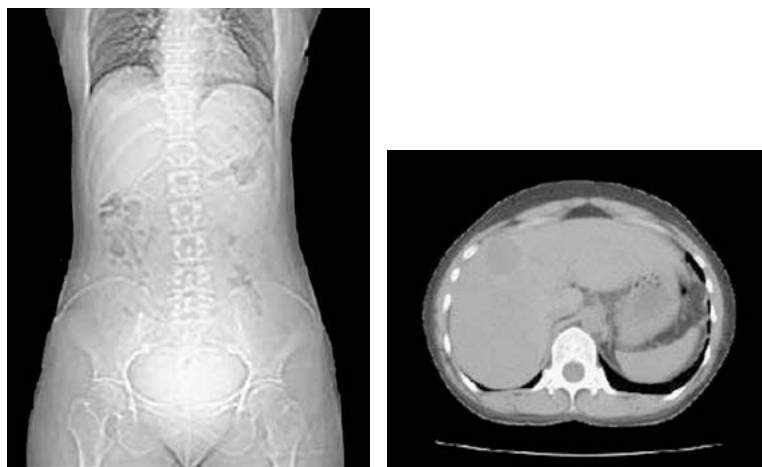


図 1 単純 X 線 vs.CT

* 名古屋大学医学部附属病院放射線部
(ふかつ ひろし)

をデジタル画像として数値化することにより、組織特性を特定することが可能である。図2はそれをデジタル画像の gray scale で表したもので、水を0、空気を-1000、骨皮質を+1000HU (Hansfield Unit) とした場合の、腫瘍臓器／組織のCT

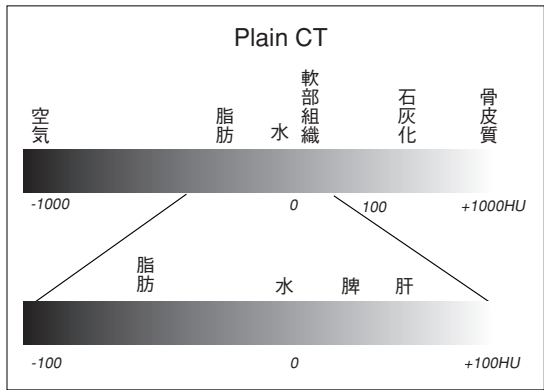
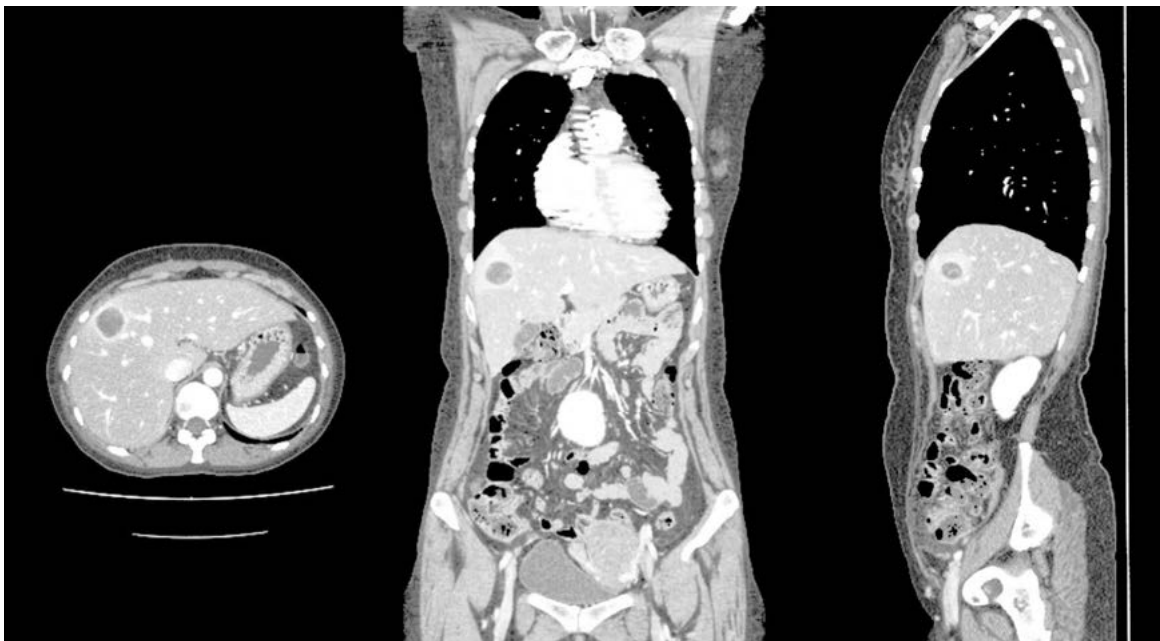


図2 X線吸収値：Hansfield unit (HU)

値の分布である。このCT値は装置の相違や異なる時期の検査でも共通の値であり、客観的な比較を可能とする。

最近のCTは非常に高速化しているが、その主たる要因は検出器の多列化にある。一回転で一画像の取得から始まったCTは回転速度の高速化と寝台移動中の撮影（ヘリカル撮影）に加え、一回転で複数枚ごとの画像を取得できるようになって、急速に高速化を果たした。現在大学病院等で主力の装置は64列であり、本年（2007年）の北米放射線学会では320列の装置が発表されている。

多列化の結果として非常に薄いスライス厚の画像を連続的に取得し、後処理で横断面以外の画像を再構成することが簡便に実現できる。図3は横断像約500枚（0.5mm厚）の画像データから冠状断や矢状断画像を再構成した例で、従来CTの弱点とされた横断像しか撮影できない、という欠点をほぼ克服している。



横断像
オリジナル断面図

冠状断像
多断面再構成画像

矢状断像
多断面再構成画像

図3 Multi-planar reformation：MPR

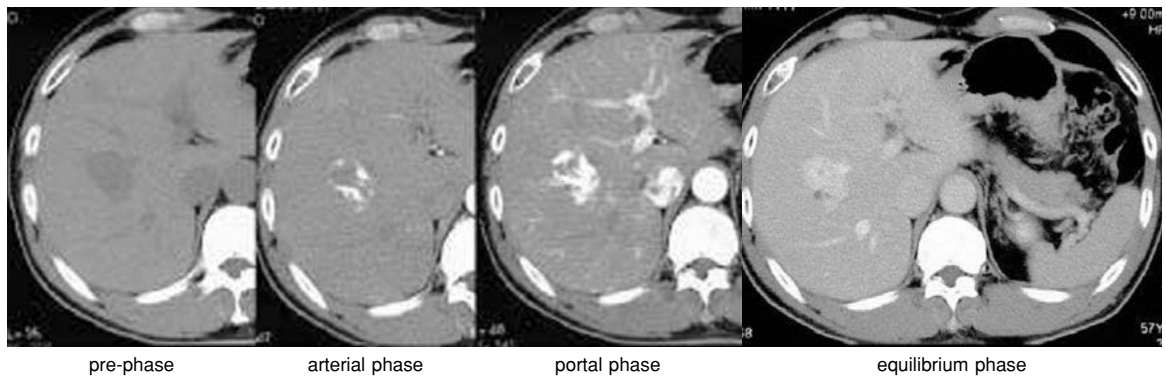


図4 Hemangioma (肝血管腫) の例

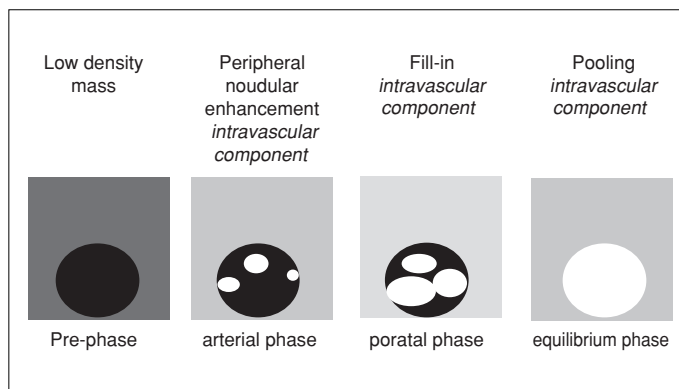


図5 Dynamic scan : Hemangioma

また今日の CT 検査に欠かせない要素として造影剤が挙げられる。現在はヨード造影剤が主流であり、静注にて投与する。

この際特に躯幹部の検査においては、造影剤を急速静注した後経時的に繰り返し撮影することにより、臓器や病変部の血流動態を把握し、診断に役立てることが可能である。肝の腫瘍性病変を例に実例を提示する。

図4は肝血管腫の例であり、右葉の病変は単純

では周囲肝実質より低吸収を示し、造影では早期に辺縁部に小結節状の濃染が出現、これが徐々に拡大していく所見を示す。血管腫の peripheral nodular enhancement と pooling を示す像であり、病変部の血行動態を直接的に示す所見である。これを図式的に示すと図5のようになり、しばしば遭遇する良性病変の典型的な所見として是非記憶すべきパターンである。

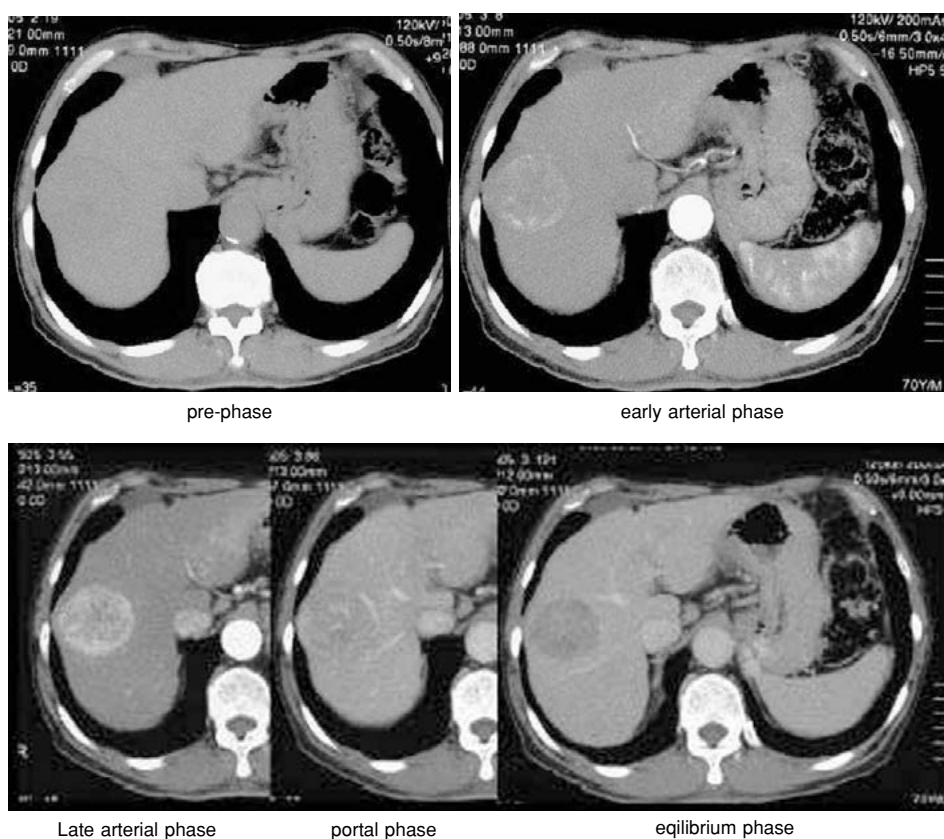


図6 HCC(肝細胞がん)の例

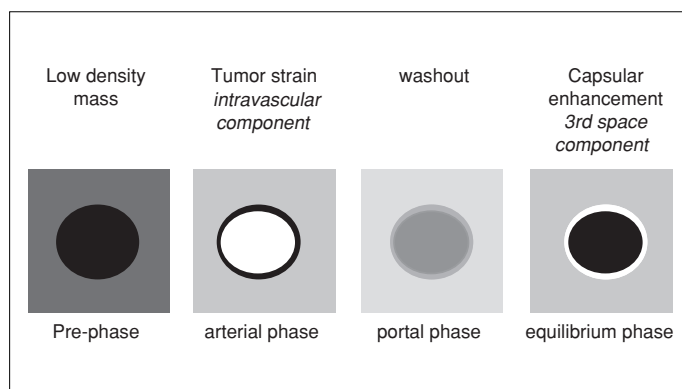


図7 Dynamic scan : HCC

図6は肝細胞癌の例であり、右葉の病変は単純では周囲肝実質より低吸収を示す。動脈相では病変全体が実質性の濃染を示し、門脈相から平衡相では wash out 現象により、周囲肝実質よりも低

吸収値を呈することになる。平衡相では周囲の線維性被膜の濃染が出現し、特徴的である。図7はHCCの典型的な所見のパターンを示すものであり、重要である。

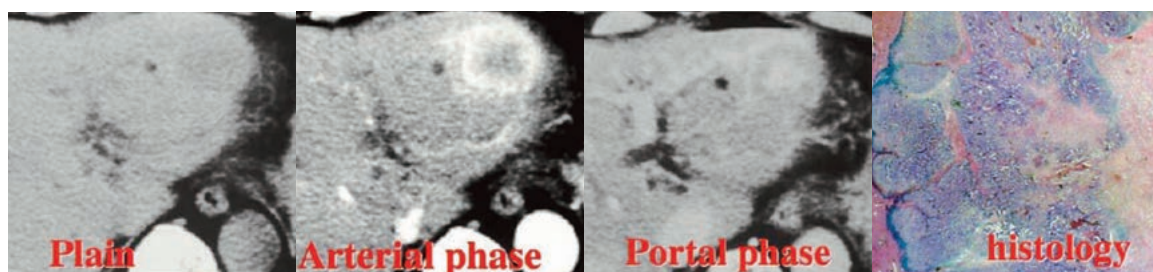


図8 Cholangioma(胆管細胞がん)

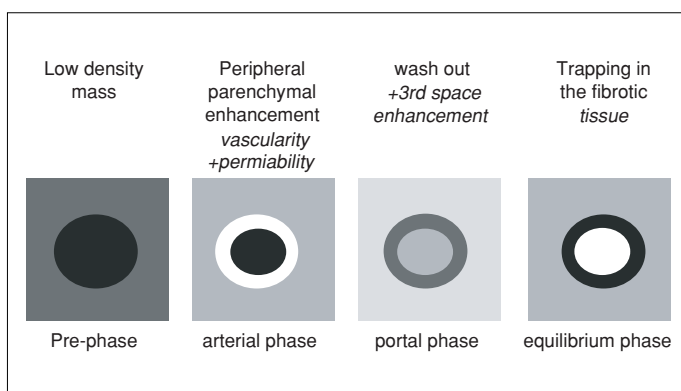


図9 Dynamic scan : Cholangioma

図8は比較的まれな胆管細胞癌の所見である。単純では低吸収値を示す肝左葉の病変は造影早期相では辺縁部にリング状の濃染を示し、平衡相では中心部に濃染が移行する。図8の切除標本の病理像を見ると辺縁部はviableな癌細胞が存在し血管も豊富であるが、中心部は変性や線維化に陥っており、この組織像を反映したCTの所見が得

られていると考えられる。線維性組織は造影後期相で強く濃染される傾向にあり、診断に非常に有用な所見である。図9は胆管癌の典型的な所見のパターンであるが、比較的血流の乏しい腫瘍からの肝転移（大腸癌や肺腺癌等）も同様の所見を示すことが多く、やはり重要である。



図10 Focal nodular hyperplasia

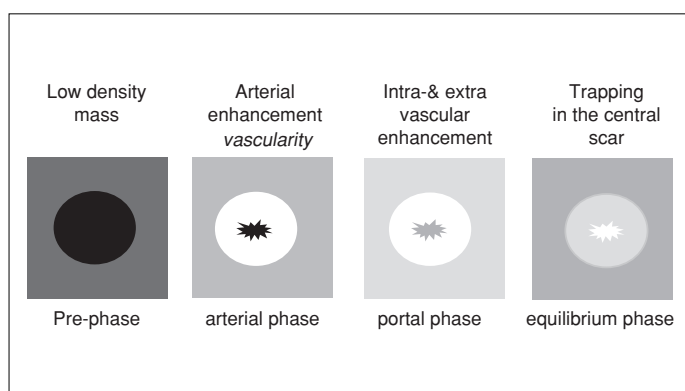


図11 Dynamic scan : FNH

図10は限局性結節性過形成(FNH)の例で、造影前ではわずかに低吸収を示し、造影後動脈相から門脈相では著明に増強され、平衡相では周囲肝実質と等濃度を示す。被膜の濃染はみられない。FNHはさまざまな造影パターンが知られている

が、典型例では図11にあるように中心部に線維性瘢痕を有し、同部が徐々に濃染されることが、動脈相から門脈相ではかなり強く濃染されることが報告されている。

MRI

MRI は強力な磁場とラジオ波（電磁波）を用いて、体内の水素原子核の挙動を画像化する方法である。CT と同様の形態診断情報に加え、水の含有量や性状、蛋白濃度、鉄の分布、血流、脂肪の分布、酸素飽和度等の様々な組織状態を反映することが知られている。MRI の撮影原理や画像の成り立ちは非常に難解であるが、臨床医として画像を解釈して意思決定に利用する上では、高度の知識は必ずしも必須ではない。

基本的な画像の解釈方法としては、T1 と T2 の二種類のパラメーターを用いて、その組み合わせで診断する。図12で示すように T1 および T2 の長短の二次元分布図において正常軟部組織を中央に配置すると、T1, T2 ともに延長する領域に腫瘍、梗塞、変性、壊死、脱髄、浮腫等の主要な病態のほとんどが属することがわかる。また体内のある腔に存在して自由に流れたり形をかえたりすることができる液体（自由水）は T1、T2 ともに高度に延長する。

一方 T1 のみが短縮する病態として脂肪、メトヘモグロビン、造影剤の三種類が重要である。

また T1 の延長と T2 の短縮を来す状態は膠原線維で構成される筋肉や腱、靱帯等や、線維化な

どの病態が挙げられる。

CT が X 線の吸収値という一次元のパラメーターで組織特性を判定するのに対して、MRI は基本的には T1, T2 の二種類のパラメーターで組織特性を判定する。このために、軟部組織のコントラスト分解能は一般に MRI の方が CT よりも優れているとされる。

図13は前立腺癌患者の MRI の T2 強調像と造影 CT 像の対比である。MRI で前立腺の右背側部にみられる腫瘍（矢印）は CT では同定困難であることがわかる。両者のコントラスト分解能の差異を端的に表す実例である。

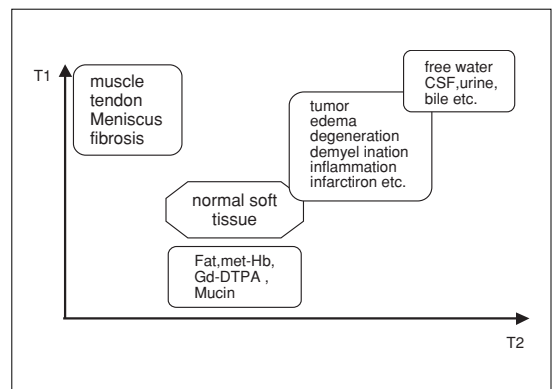


図12 緩和時間（病変）

前立腺癌

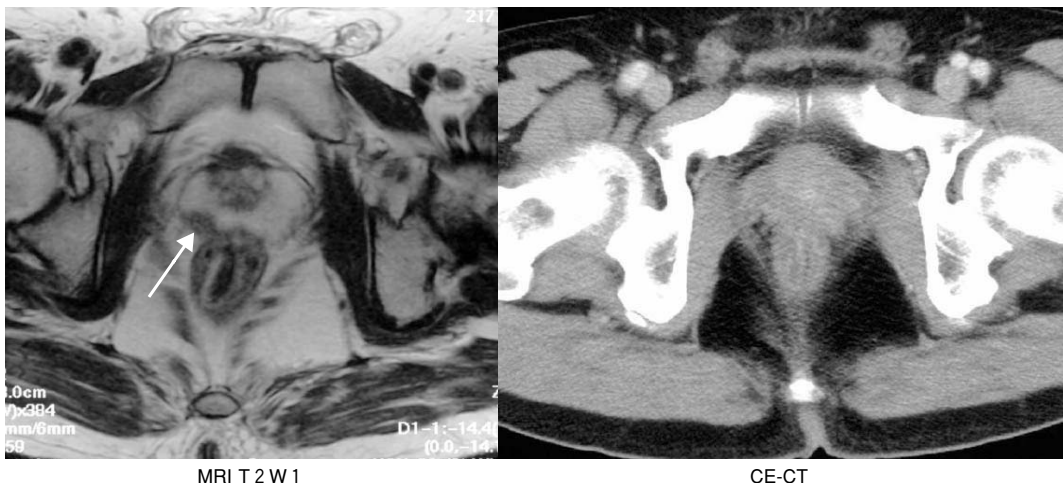


図13 軟部組織コントラスト

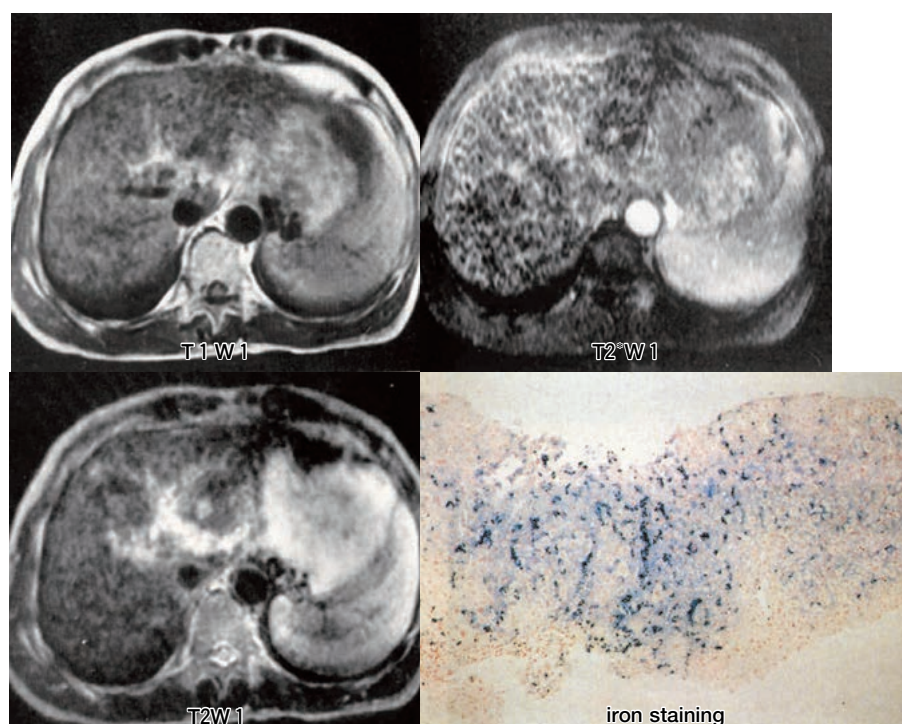


図14 鉄沈着による T2、T2*短縮

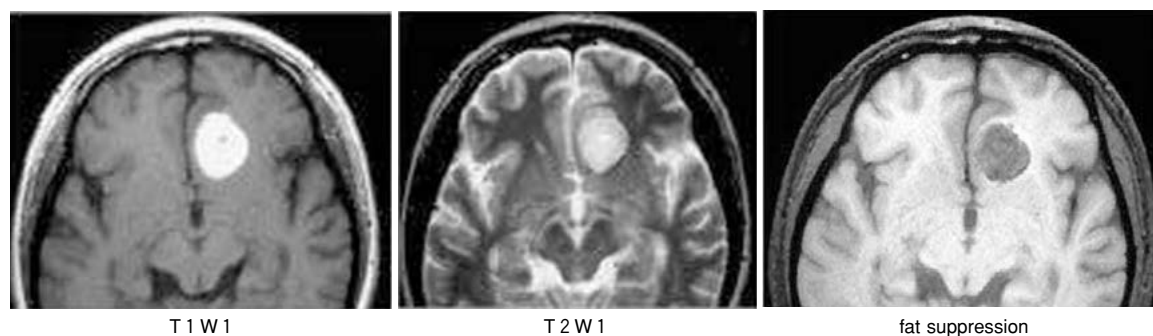
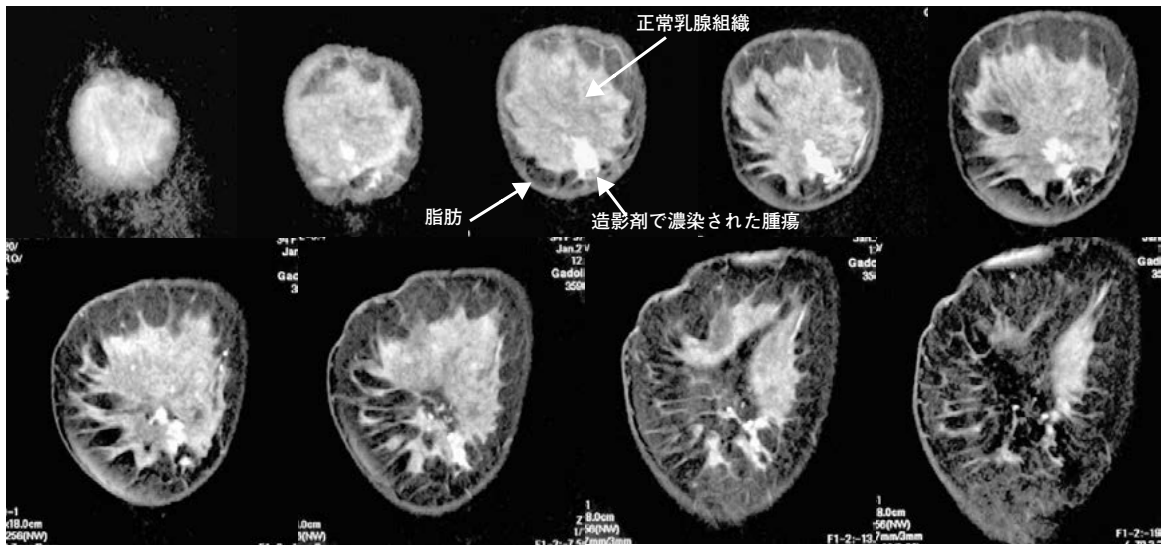


図15 Ruptured dermoid cyst

T1、T2以外の組織側のパラメーターとして鉄の分布が重要である。体内には様々な形で鉄が存在する。図14は肝硬変の症例の肝臓の再生結節内の鉄沈着の例で、特に鉄の沈着に鋭敏なT2*強調像により、多数の再生結節内の鉄沈着が低信号として描出されているのが確認できる。また脂肪と水は体内で存在する水素の二大供給源であるが、この二者の相違の検出も実際の診断上非常に重要である。

図15は左前頭葉の脂肪を含む腫瘍（奇形腫）の例であるが、T1強調像、T2強調像でいずれも皮下脂肪と同等の高信号を示す病変が脂肪抑制画像では低信号化していることがわかる。水と脂肪の水素の共鳴周波数の相違を反映させた手法であり、T1強調像で高信号を示す病変／組織が脂肪かどうかを直接的に証明できる有力な手段である。



MR mammography ; 34F DCIS, 80 sec after iv-Gd

図16 脂肪抑制画像：造影 MRI への応用

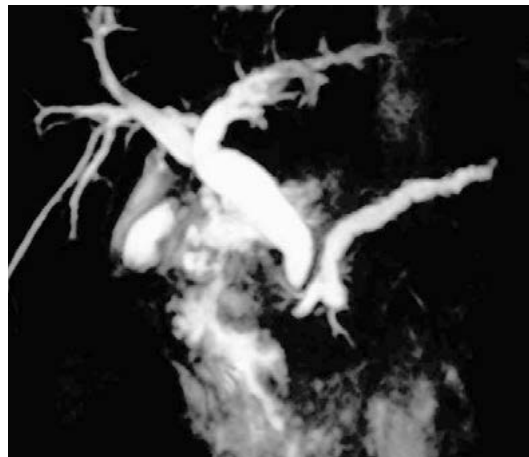


図17 MRCP : Ca.of papilla Vater

この脂肪抑制法は躯幹部に造影剤を用いた際にも非常に有用で応用範囲が広い。図16は乳癌例の乳腺 MRI であるが、造影剤で強く濃染される乳癌組織と、比較的濃染の弱い正常乳腺組織、脂肪抑制により低信号化した脂肪組織の三者が明瞭に区別できるため、広がり診断にもきわめて有用とされている。

図17は自由水の画像（MR hydrography）の一例としての十二指腸乳頭部癌症例の MRCP（MR cholangiopancreatography）である。これは体内

に存在する自由水の T2 値が極端に長いことを利用し、自由水のみを高信号として、他の実質組織を低信号化して描出する手法である。MRCP においては胆管、膵管、腸液が高信号化し、あたかも ERCP と同等の形態情報を得ることが可能である。ここで留意すべきは MRCP では ERCP で必要とされる内視鏡や造影剤、X 線被爆を一切必要としない点であり、わずか数秒の息止めのみでこのような画像が得られることは、医療者／患者双方にとって大きな福音と言えよう。

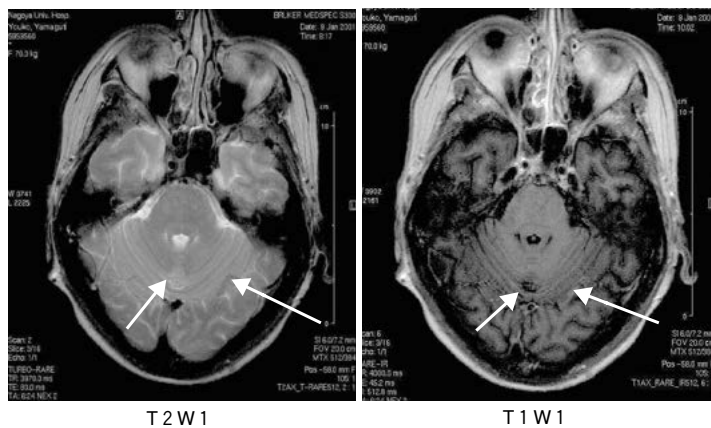


図18 Out flow phenomena

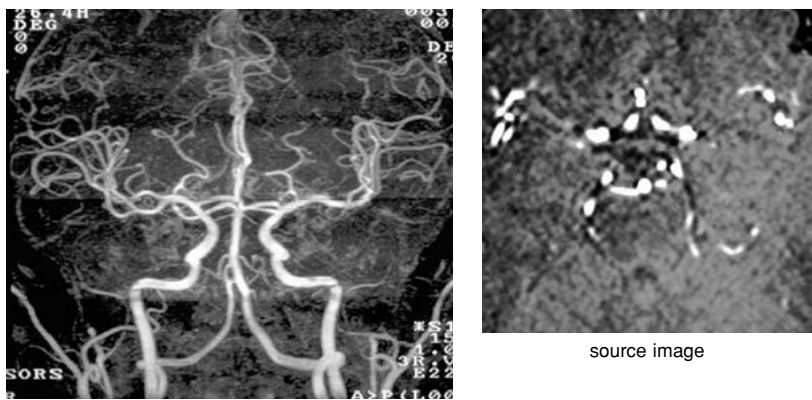


図19 Out flow phenomena

図18は頭部の横断像のT2強調像、T1強調像である。いずれの画像においても内頸動脈や上矢状洞などの断面を貫く方向に走行する血管内には信号がみられないことがわかる。これはFlow voidと呼ばれる現象であり、対象断面をラジオ波を用いて励起した際に存在する血管内の血液中の水素原子と、実際の信号収集時に存在する血液中的水素原子が（血流により移動するために）異なっていることに起因する現象である。このようにMRIでは一般に十分に速い流速を持つ血流は血管内に血液が存在するのにもかかわらず無信号となることが多く、造影剤を用いなくとも本質的に血流情報を持っていることになる。

この現象を逆に応用したのがTime Of Flight

(TOF) 法によるMRAngiographyである。図19の右画像のごとく、血流を高信号化するTOFなる撮影法で横断像を三次元的に撮影し、撮影後の後処理として投影像を作成すると、左画像のごとく血管造影に類似した画像を得ることができる。この際もMRCPの際と同様、通常の血管造影と比較して、血管の穿刺やカテーテルの使用、造影剤の投与やX線被爆が一切不要であることが重要であり、MRの本来持つ低侵襲性が端的に示された事例である。

MRAを頸部以下に応用する場合は撮影範囲等や息止めの必要性等のテクニカルな問題から、造影剤を静注して撮影するのが現在是一般的である。

図20は胸部の造影 MRA であり、肺動静脈、大動脈ともに非常に高精細に描出されている。

比較的最近臨床に導入されて非常に有用性の高い新しいパラメーターとして（水分子の）拡散がある。現在最も応用が進んでいるのは超急性期の脳梗塞の診断である。超急性期の脳梗塞は通常の T2 強調像等では診断できないことが知られており、全く別のパラメーターとして水分子の拡散現象をとらえることで診断が可能となっている。即ち図21に示すように脳動脈閉塞後におこるミトコンドリアにおける ATP 産生障害の結果としてもたらされる細胞障害性浮腫を画像化するために、細胞間質に存在する水分子の拡散（ブラウン運動）の制限の有無を画像化する。脳梗塞に至る細胞障害性浮腫の状態では間質は相対的に狭小化し、水分子の拡散は制限され、このような組織状態は拡散強調画像で高信号として描出される。



3D elliptical centric FFE : TR/TE/FA=4. 1/1. 2/20, 14sec breath hold

図20 Gd-3D MRA

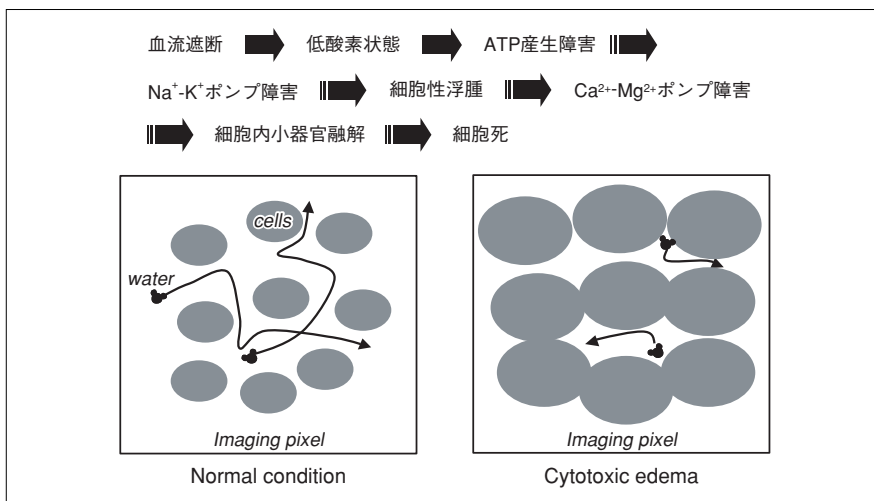


図21 Diffusion weighted imaging (DWI)

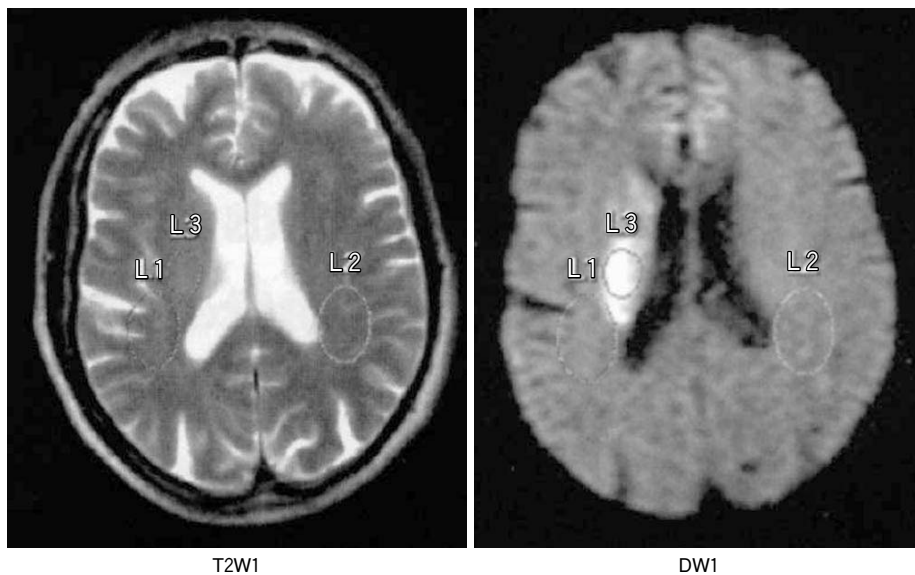


図22 62歳女性 左片面麻痺、発症後1.5時間の症例

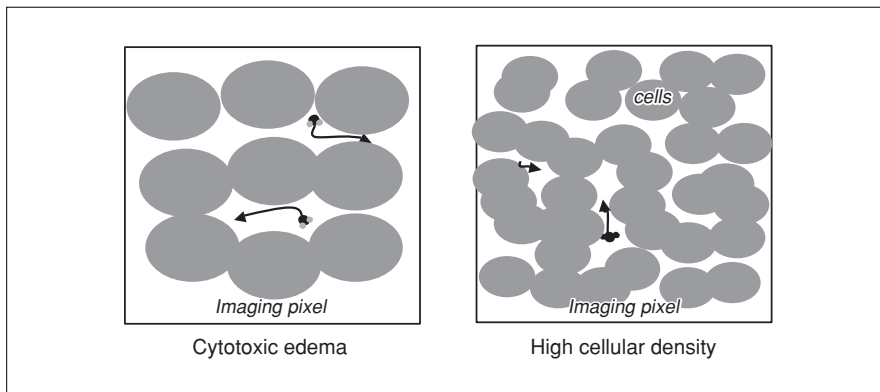


図23 DWI for tumors

図22は発症後1.5時間の脳梗塞の例で、左の T2 強調像では全く異常が検出できないが、右の拡散強調像では右中大脳動脈領域に拡散の障害された高信号領域として超急性期梗塞巣が描出されている。

同様の手法を腫瘍に応用することが最近はこちら

ろみられている。図23は超急性期脳梗塞の際の細胞障害性浮腫の状態と、悪性腫瘍（癌）で細胞密度が上昇した場合の細胞および間質の環境を模式的に示したものである。超急性期脳梗塞の場合と同様に悪性腫瘍の場合でも間質の水分子の拡散は障害されることが予想される。

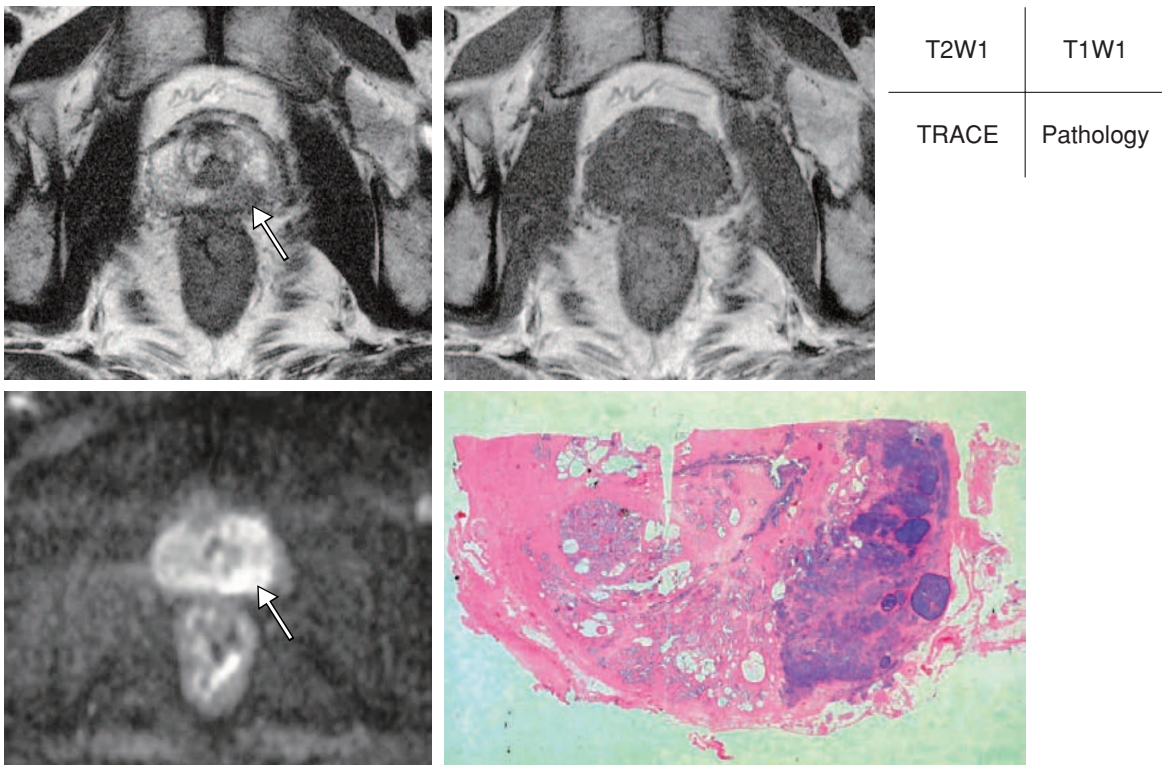


図24 前立腺癌の例

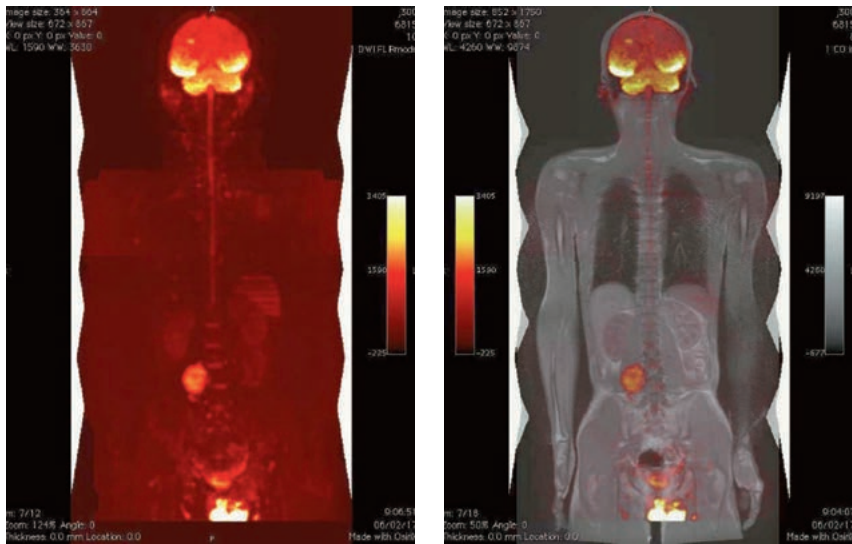


図25 Whole body DWI

図24はこれを前立腺癌に応用したもので、前立腺の左背側の病変は T2 強調像で低信号域として描出されているが、同部の拡散は障害されており、拡散強調像では高信号を呈していることがわかる。摘出標本との対比でも細胞密度の高い癌組織と拡散制限部位との関連性が明らかである。

さらに最近では全身の拡散強調像の撮影を20分程度で行い、これと解剖学的な画像（例えば T1 強調像）と重ね合わせ表示をすることにより、全身の腫瘍とその転移巣を一度の検査で検出評価する方法も提唱されている。図25は後腹膜の悪性リンパ腫の例で、全身の拡散強調像をカラーコード化し、透明度をつけて T1 強調像と重ね合わせて表示している。右後腹膜の病変部の拡散が制限されており、細胞密度が高い病変が存在することがわかる。

この画像は一見 PET 画像とも類似しており、“Poorman's PET” と呼ばれたりもする手法である。

このように現在の画像診断は CT、MRI ともに形態情報から血流や様々な特異的なパラメーターを強調する画像を駆使して、臨床的な検査目的、診断意図に個別最適化した画像をかなりのレベルで供給できるまでに成熟して来ている。ただ一方では画像枚数は指数関数的に増加を続け、現在では一人あたりの検査画像数が1000枚を超えることも珍しくない状況である。つい20年ほど前までは単純写真1、2枚でじっくり診断をおこなっていた状況とは隔世の感がある。情報が増加するのは基本的には歓迎すべき事態であるが、実際の医療現場での限られた時間内で多数の画像の中から病変が映っている特定の数枚の画像を探し出し、その画像の所見を解析して、鑑別診断に到達するまでのプロセスは、容易なものではなく、我々放射線科診断医が日夜研鑽を積んで習得維持につとめているスキルそのものである。

実際の医療現場で患者や家族への説明に使用したり、概略を把握して次の意思決定に生かしたりする場面においては、臨床医が放射線科診断医と同じプロセスをもう一度行う必要は必ずしもない

MRI 画像診断報告書

ID: 0001799 ○山 □男 62歳男性
主訴: 健診で異常指摘
病歴: 2007/8/12他院健診にて脳腫瘍を指摘された
検査名 MRI (単純+造影) 検査日 2004/8/20
所見: 大脳鎌左側に接して12mm 大の結節影を認めます。病変は脳実質外に存在します。信号強度としては T1 強調像、T2 強調像ともにやや低信号を示し、Gadolinium DTPA での造影後は均一で強い増強効果を示します。
また病変に接する硬膜の肥厚と濃染を認め、いわゆる dural tail sign に相当する所見です。
以上の所見は髄膜腫に特徴的です。積極的に悪性を示唆する所見はなく、経過観察で可と考えます。
他では人間ドックで指摘されたように、深部白質を主体にびまん性白質病変を認めます。
診断: 大脳鎌髄膜腫; 経過観察してください。びまん性白質病変
2007/8/20 診断医: 名古屋大学医学部附属病院放射線科 深津 博

図26 画像診断報告書例

し、現実問題として不可能な場合が多いと思われる。

このような事情を背景に筆者らが開発したのがハイパーリンクレポートという新しいレポートシステムである。本稿の最後にその概略をご紹介します。

図26は頭部 MRI の診断レポートである。また図27はそのレポートに対応する検査画像一覧である。通常検査をオーダーするとレポートと画像がセットとなって外来や病棟に届けられる。これはフィルムであれ、電子的にであれ同じ状況である。臨床医は診断レポートを読み、そこで記載されている所見について、どの画像のどの部位をさしているのかを探す作業を行う必要がある。病変が複数ある場合、前回との比較が必要な場合は、それぞれの対応する所見や病変毎に同様の作業を繰り返し行う必要がある。これは大変煩雑で時間がかかる作業である。図28は名大病院で行ったアンケート結果であるが、臨床医に対して放射線科医から受け取った診断レポートの記載がどの画像を指しているのかわからなかったことがあるか、という問いに対して、約80%が時にあるまたはしばしばある、と答えている。一方で放射線診断医に対して自分の記載した所見が臨床医に伝わらないことがあるか、との問いに対しては約80%が伝わらないことはほとんどないと思う、と回答している。

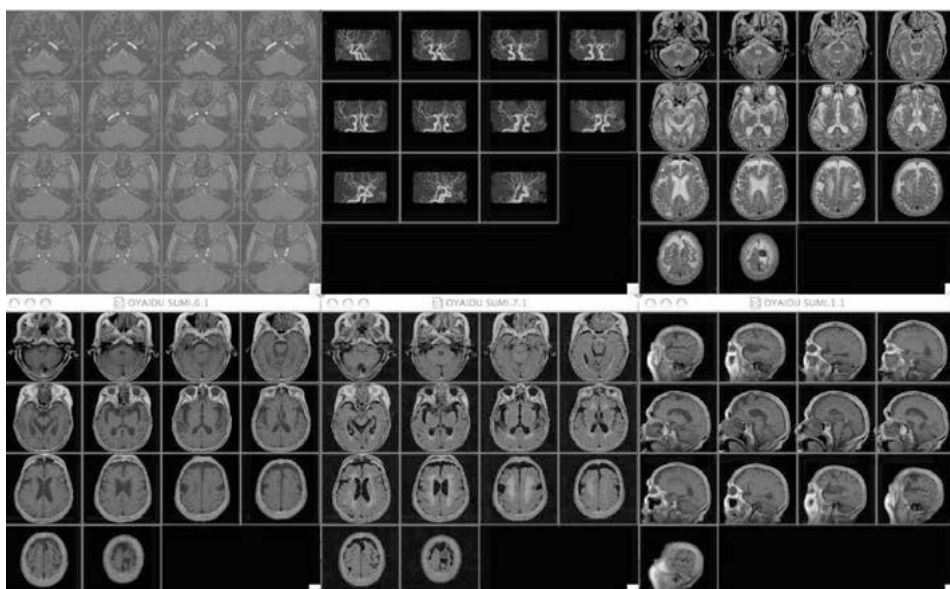


図27 添付画像情報(MRI)例

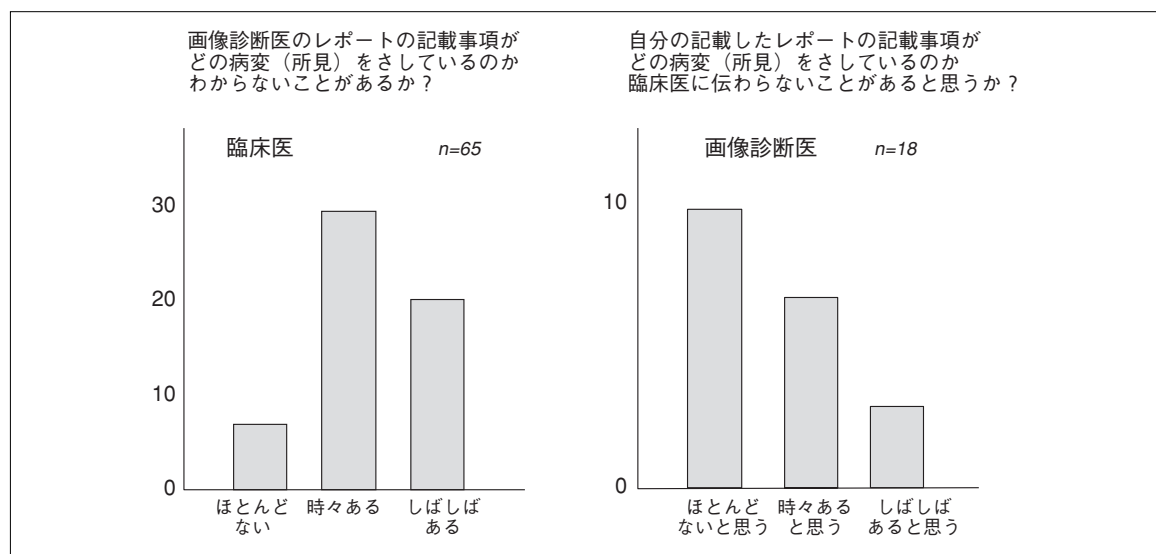


図28 画像診断レポートの記載に関するアンケート結果

同一時期の同一施設でのアンケート調査結果のこの興味深い乖離は、情報を発信する側と受け取る側での情報レベルや準備状態の差異を個別に吸収することが容易ではなく、放射線科診断医が専

門的なスキルを持って作成発信した情報も、場合によっては臨床医によって活用されないケースが少なくないことを示している。

我々の提案する解決法は図29に示すものである。即ちキーフレーズ(重要な所見の記載されたフレーズ)に相当する部分が下線と色付きのフォントで表示されており、同部には診断医が付加したキー画像がハイパーリンクされている。

図30は最初のキーフレーズである「12mm大の結節影」をクリックすると対応するキー画像が放射線診断医がつけたアノテーション付きで表示される。

次のキーフレーズである「T1 強調像、T2 強調像ともにやや低信号」をクリックすると、同様に診断医が付加した2枚一組のキー画像が表示される(図31)。これにより臨床医は診断医が読影した際に観察していたまの画像の表示を自動的に再現することが可能となり、結果として確実な情報共有が実現できる。

このシステムはインターネットエクスプローラー、JPEG 画像、URL 連携といったインターネット標準の技術の組み合わせで実現されており、PC さえあれば特別なソフト、ハードの追加なく実現できるものである。

現在名大病院ではCT、MRI、PET等の検査をオーダーしていただいた登録医の先生方に対して、上述のハイパーリンクレポートと該当する検査画像をCD/DVDに記録して頒布する体制を整え、今後より強固で信頼できる地域医療連携と情報共有、情報連携を確立していきたいと考えている。

関係諸兄のご協力をお願いしたい。

MRI画像診断報告書

ID:0001799 ○山口男 62歳男性
主訴:健診で異常指摘
病歴:2007/8/12他院健診にて脳腫瘍を指摘された
検査名MRI(単純+造影) 検査日2007/8/20

所見:大脳鎌左側に接して12mm大の結節影を認めます。病変は脳実質外に存在します。信号強度としてはT1強調像、T2強調像ともにやや低信号を示し、Gadolinium DTPAでの造影後は均一で強い増強効果を示します。また病変に接する硬膜の肥厚と濃染を認め、いわゆるdural tail signに相当する所見です。以上の所見は髄膜腫に特徴的です。積極的に悪性を示唆する所見はなく、経過観察で可と考えます。他では人間ドックで指摘されたように、深部白質を主体にびまん性白質病変を認めます。診断:大脳鎌髄膜腫;経過観察してください。びまん性白質病変
2007/8/20 診断医:名古屋大学医学部附属病院放射線科
深津 博

図29 ハイパーリンクレポート(1)

MRI画像診断報告書

ID:0001799 ○山口男 62歳男性
主訴:健診で異常指摘
病歴:2007/8/12他院健診にて脳腫瘍を指摘された
検査名MRI(単純+造影) 検査日2007/8/20

所見:大脳鎌左側に接して12mm大の結節影を認めます。病変は脳実質外に存在します。信号強度としてはT1強調像、T2強調像ともにやや低信号を示し、Gadolinium DTPAでの造影後は均一で強い増強効果を示します。また病変に接する硬膜の肥厚と濃染を認め、いわゆるdural tail signに相当する所見です。以上の所見は髄膜腫に特徴的です。積極的に悪性を示唆する所見はなく、経過観察で可と考えます。他では人間ドックで指摘されたように、深部白質を主体にびまん性白質病変を認めます。診断:大脳鎌髄膜腫;経過観察してください。びまん性白質病変
2007/8/20 診断医:名古屋大学医学部附属病院放射線科
深津 博

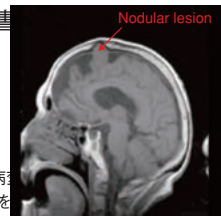


図30 ハイパーリンクレポート(2)

MRI画像診断報告書

ID:0001799 ○山口男 62歳男性
主訴:健診で異常指摘
病歴:2007/8/12他院健診にて脳腫瘍を指摘された
検査名MRI(単純+造影) 検査日2007/8/20

所見:大脳鎌左側に接して12mm大の結節影を認めます。病変は脳実質外に存在します。信号強度としてはT1強調像、T2強調像ともにやや低信号を示し、Gadolinium DTPAでの造影後は均一で強い増強効果を示します。また病変に接する硬膜の肥厚と濃染を認め、いわゆるdural tail signに相当する所見です。以上の所見は髄膜腫に特徴的です。積極的に悪性を示唆する所見はなく、経過観察で可と考えます。他では人間ドックで指摘されたように、深部白質を主体にびまん性白質病変を認めます。診断:大脳鎌髄膜腫;経過観察してください。びまん性白質病変
2007/8/20 診断医:名古屋大学医学部附属病院放射線科
深津 博

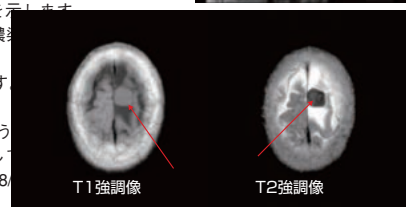
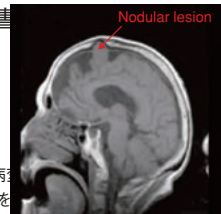


図31 ハイパーリンクレポート(3)