

## (S 29)

## 脳磁図の基礎と臨床応用

金子 裕、高倉 公明：東京大脳神経外科

脳磁図(magnetoencephalography;MEG)は脳の神経細胞に由来する磁界を測定する脳機能の検査法である。頭皮上で脳磁界の法線成分をマッピングすると、磁界等高線図(isofield contour map)が得られるが、電流源を単一の電流双極子(current dipole)でモデル化して、その局在を求めることができる。MEGは脳波に似た検査法であるが、磁界が頭蓋骨の影響を受けないなどの理由によって、電流源の推定が容易である、ミリ・セカンド単位の時間分解能とミリ・メートル単位の空間分解能をもち、また、放射線すら用いない真の非侵襲的な検査法と言える。

MEGの磁界を電気信号に増幅する超伝導量子干渉素子(superconducting quantum interference device;SQUID)を用いる。SQUIDは超伝導と半導体の2つの先端技術を用いており、液体ヘリウムによって4Kにまで冷却する必要がある。この他に、環境ノイズを遮蔽するため、シールドルームや特殊な形態をもつ検出コイルが用いられている。市販されている最新型の生体磁気計測装置は37個のセンサーをもち、デュワーと呼ばれる断熱容器の底面に球面状にセンサーを配置している。また、交流磁界信号の発信器と受信器とを用いて、頭部の形状を測定したり、センサーの位置決めを行ったりしている。

脳磁図は大脳皮質の電流源の局在を求める検査法であり、体性感覚野の体性局在・聴覚野の音調局在・視覚野の網膜局在などの機能地図が求められることが示されている。大脳生理の基礎研究に活躍することが期待される一方、臨床応用としては、正常の脳の機能地図が明らかになった後に、機能地図の異常を捉えることが考えられ、すでに、精神分裂病の患者の聴覚誘発磁界の電流源のパターンは健常者のパターンと異なることも報告されている。しかし当面はてんかんの診断への応用が期待されている。これは、てんかんの病態がMRI等の解剖学的検査法によって捉えることが本来不可能であり、他にてんかんの病態に迫る決定的な検査法がないためでもある。

われわれはinterictal spikeの立ち上がりのみを解析し、spikeの起源とその分布を確率的に表現するSpike Foci Plotting法という解析・表

示法を考案し、てんかん焦点の画像化を目指している。側頭葉てんかん37例をSpike Foci Plotting法により解析したところ、dipoleのclusterは側頭葉に限局しており、そのパターンから内側のみを起源とすると考えられる群18例と、主に外側を起源とすると考えられる群19例とに分類できた。側頭葉内側に腫瘍をもつ症例は6例あったが、2例は健側の側頭葉内側に、4例は病側の側頭葉外側にdipoleが集積した。薬剤難治性てんかんのA群の4例は深部電極にて側頭葉内側の焦点が同定された。てんかんを主訴とする25歳の脳腫瘍の患者さんのSpike Foci Plotting法による解析結果をMRIにスーパーインポーズしたものを例示した。□・○・△の順にdipoleの信頼性が下がるが、この症例では腫瘍が右側側頭葉内側の扁桃体付近に存在するが、spikeに対応するdipoleの多くは側頭葉外側に認められている。

この他に、運動感覚の付近に病変をもち、開頭術を予定している場合に、体性感覚誘発磁界によって中心溝を正確に同定することも可能であり、臨床上有用である。我々は脳腫瘍5例で、MEGによって同定された中心溝を、術中のマッピングによって確認した。このうち、転移性脳腫瘍2例では感覚野の偏位があった。

## 脳磁図(MEG)とは

## 概観

脳磁図(magnetoencephalography;MEG)とは脳の神経細胞に由来する磁界を測定する脳機能の検査法である。

脳波(electroencephalography;EEG)に近い検査法だが、電流源の空間的局在推定に優れていると考えられている。

## 歴史

- 1968年 MITのCohenらが $\alpha$ 波の磁界をinduction coilにて測定。
- 1972年 MITのCohenらが $\alpha$ 波の磁界をSQUID磁束計にて測定。
- 1982年 UCLAのBarthらがてんかんの発作間歇期棘波の電流源を報告。

## 電流源の局在推定の原理

電流源を単一の電流双極子(current dipole)でモデル化すると、dipoleがつくる磁界のパターンからdipoleの局在が推定される。磁界はベクトル

自体歪んでいる可能性もあり、少なくともスライス厚による誤差は避けられないが、この方法でスーパーインポーズの誤差の可能性を同時に表現することができる。また、この方法を用いれば、マーカーがなくてもかなりの精度でスーパーインポーズすることができる。患者は過去にMRIなどを撮像していることが多く、MRIの再検による患者・放射線科の負担を軽減することができる。

### spikeの解析法

広がりをもつ電流源に対して単一のdipoleのモデルを当てはめると、電流源の局在について大きな誤解を生じることがある。そこで、われわれは、spikeの起源のみを求める立場に立ち、解析の対象をspikeに限定して、さらに潜時もspikeの立ち上がりからピークにいたる潜時に限定することにして、この潜時の範囲で1~2 msec ごとにdipoleの局在を求め、dipoleでの近似が最も良い潜時のdipoleをそのspikeの起源と考えることにする。

このような方法を採用しても、spikeか否か、単一のdipoleのモデルを適用してよいのかという不確定性が残る。しかし、1つのspikeにつき1つのdipoleをプロットしてdipoleのclusterをつくると一定の傾向が見られ、そのパターン認識からspikeの焦点の同定が可能となるのみならず、病巣の領域を示唆する所見が得られる。

表示の際は投影図とin sliceのスーパーインポーズとを併用し、dipoleの信頼性の順に色分けすることにしている。

本解析法をSpike Foci Plotting 法として、われわれは提唱している。

表1. 脳波との比較

	MEG	EEG
検出する電流源		
方向	接線方向のdipoleのみ検出	放射方向のdipoleに敏感だが、接線方向のdipoleも検出
深さ	浅い電流源のみ検出	深い電流源も検出可能
操作性		
電極	不要	必要
移動性	磁気シールドルーム内でのみ測定	ポータブル・ワイヤレスでも測定可能
検査時間	頭部を動かさないで数時間	終夜のビデオモニタリングも可能
価格	数億円	数百万円

### スーパーインポーズの方法

MEGで求めたdipoleをMRIなどの画像にスーパーインポーズすることは、dipoleの起源に興味のある脳神経外科医にとって重要であり、解剖学的情報に機能的情報を付加する意味で放射線科医からも期待されている。

通常3個以上の表面マーカーを用いてスーパーインポーズしているが、SPIで測定した頭部の形状を同時にスーパーインポーズすることで、マーカーの位置のずれを補正できる。MRIの画像であるが、通常頭蓋に対する法線成分を測定する。ここで、測定面を平面として考え、接線方向のdipoleがつくる磁界をdipoleを含む頭蓋の断面内で考えると(図1A)、dipoleの直上では磁界が頭蓋に対して接線方向となっているため、法線成分はゼロになり、一方dipoleより離れば磁界の大きさが減衰しているため、やはり法線成分は小さい。磁界の法線成分が最大となるのは、dipoleよりやや離れたところになる。

これはdipoleの方向に垂直な断面で考えた場合だが、磁界の法線成分を頭蓋表面でマッピングすると(図1B)、湧き出しと吸い込みの2つのextremaをもつ磁界等高線図(isofield contour map)が得られる。磁界等高線図のゼロ線は直線であり、この直線に対して線対称となっている。dipoleは湧き出しと吸い込みとを結ぶ線分の midpoint の直下であり、dipoleの深さは湧き出しと吸い込みとの距離の $1/\sqrt{2}$ である。

実際には、細胞外容積電流も数%の影響をもっており、検出コイルの形状や配置も機器により異なっている。そこで、様々なdipoleを当てはめるアルゴリズムを用いて、順方向にdipoleを求めている(dipole fit)。

表2. 他の検査法との比較

	空間分解能	時間分解能
解剖学的検査法		
C T	mm	なし
MRI	mm	なし
機能的検査法		
PET	数mm	数分
SPECT	数mm	数分
EEG	数cm	ミリ秒
MEG	数mm	ミリ秒

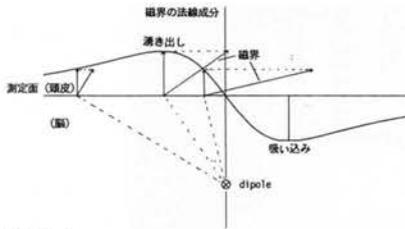


図1 A

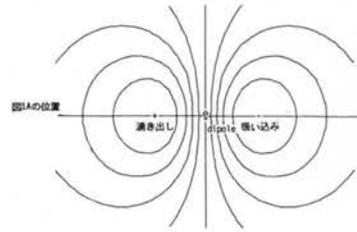


図1 B

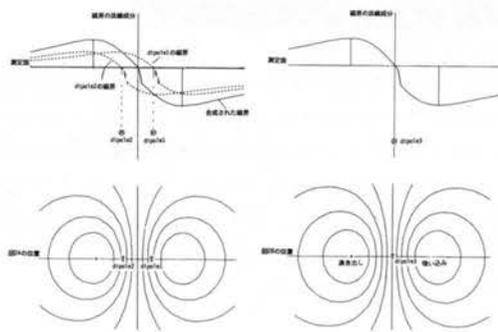


図2. 2dipoleの磁界 (1)

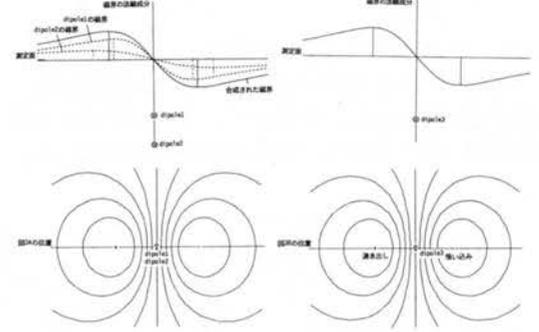


図3. 2dipoleの磁界 (2)

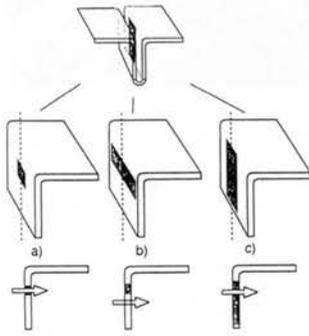


図4. 脳溝内に広がった電流源の磁界

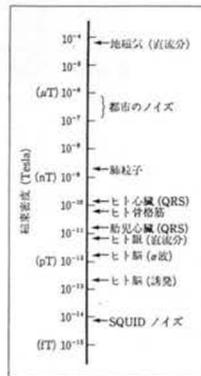


図5. 生体磁気と環境ノイズ

脳の発生する磁界の強さは、地磁気の約1億分の1という、たいへん微弱なものである。これを測定するためには、超電導量子干渉素子 (superconducting quantum interference device; SQUID) を必要とする。SQUIDは超伝導現象 (マイスナー効果) と半導体技術を利用している。

この他に、ミュンメタルを用いたシールドルームを用いて環境ノイズを遮蔽し、一様な磁界をキャンセルする検出コイルを用いる。

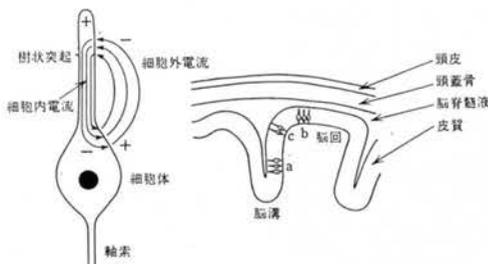


図6. MEGの信号源

MEGの信号源は大脳皮質の錐体細胞の尖端樹上突起に発生する興奮性後シナプス 電位による細胞内電流である。頭蓋を球と見做した時、MEGは接線方向のdipole (tangential dipole) のみを検出する。これは脳溝内の神経の興奮 (下図のa) を検出していることと同じである。



図7. 検出コイル

環境ノイズは信号源が離れており、一様な磁界となる。従って、これをキャンセルして近くに由来する信号のみ捉えるコイルを採用している。

左より、1次微分軸型グラディオメーター・1次微分平面型グラディオメーター・2次微分軸型グラディオメーター。



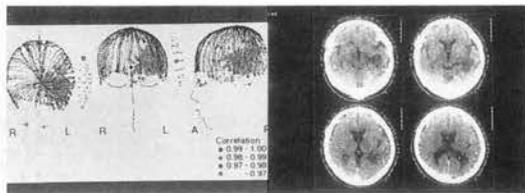


図14. Spike Foci Plotting 法による解析例(1)

てんかんを主訴とする37歳のクモ膜嚢胞の男性。左の投影図では、赤、青、緑、黄緑の順で信頼性が下がる。右のスーパーインポーズでは黄色の□、緑色の○、ピンク色の△、青色の●の順で信頼性が下がる。dipoleは左側頭葉外側に広範に分布している。

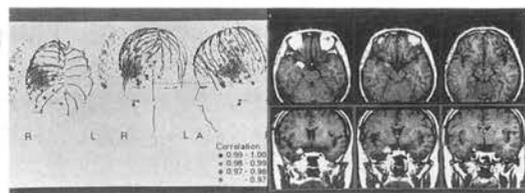


図15. Spike Foci Plotting 法による解析例(2)

てんかんを主訴とする25歳の脳腫瘍の女性。dipoleは腫瘍のある右側頭葉内側に近い右側頭葉外側に集積している。腫瘍が側頭葉内側にある場合、dipoleは病側の側頭葉外側に見られることが多い。

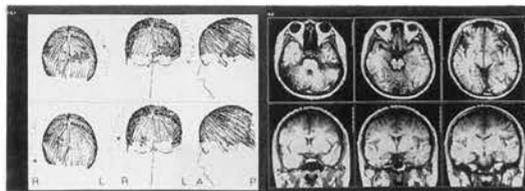


図16. Spike Foci Plotting 法による解析例(3)

てんかんの17歳の女性。器質的疾患はない。両側から測定したところ、spikeは両側の側頭葉内側に集積していた。一側が他側のmirror focusであることが考えられる。電流源が深い場合、dipoleはバラつくことが多い。

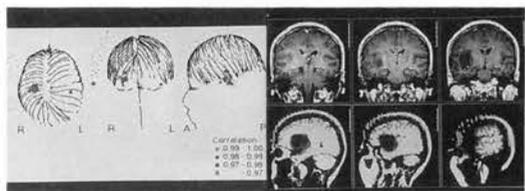


図17. Spike Foci Plotting 法による解析例(4)

てんかんを主訴とする32歳の脳腫瘍の女性。dipoleは腫瘍のある右側頭葉内側に集積している。腫瘍によってどの部位がてんかんの焦点になるかの傾向は、まだ見出されていない。

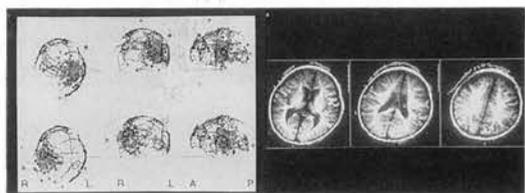
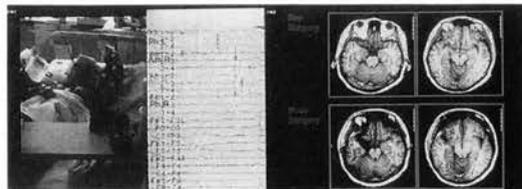


図18. Spike Foci Plotting 法による解析例(5)

ダウン症に合併したWest症候群の2歳の男児。全般てんかんの場合、dipoleは極めて分散する。

図19. 深部電極による焦点の確認

このようにして求められた部位が真の焦点かは、頭蓋内電極によるモニタリングで確認される(但し、MEGで求めているのはinterictal spikeの電流源であって、発作の責任病巣とは限らない)。下図左はてんかんの25歳の女性の深部電極によるビデオモニタリングである。PhL:左海馬後部。AmR:右扁桃核。AhR:右海馬前部。PhR:右海



馬後部。眠っていたところ、右海馬前部にスパイクが現われ、気分不快感で目覚め看護婦を呼ぼうとしているところ。直後に患者は精神運動発作を呈した。下図右は上が術前のMEGの検査結果(Spike Foci Plotting法)で、下が選択的扁桃核海馬摘出術の術後のMRI。資料は東京警察病院脳神経外科の真柳佳昭先生・渡辺英寿先生の御厚意による。

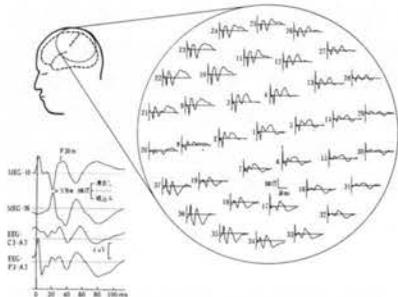


図20. 体性感覚誘発磁界の波形

てんかん以外にMEGに期待されているのは、ヒトの脳の機能地図の探求である。殊に、サルなどの動物実験ではできない高次機能の解明が期待されている。しかし、現状では1次感覚野の解明が行なわれているところで、複雑な組み合わせによる実験はようやく始まったところである。

図は右正中神経を電気刺激したときの体性感覚誘発磁界の波形で、N20に対応する波形が明瞭に認められる。

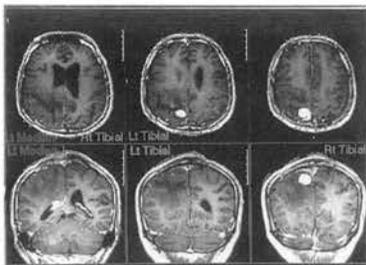


図22. Presurgical Functional Mapping (1)

体性感覚誘発磁界の測定を利用すると、中心溝付近に病変部をもち、開頭術を予定している症例で、術前に正確に中心溝を同定することが可能となる。これをPresurgical Functional Mappingと言う。

下図は転移性脳腫瘍の67歳の男性のPresurgical Functional Mappingである。左右の後脛骨神経と左正中神経を電気刺激し、体性感覚誘発磁界を測定した。dipoleの位置が中心後回に相当するので、腫瘍は感覚野の後方に当たることが分かった。後脛骨神経刺激の反応は通常大脳半球間裂に生じるが、左後脛骨神経刺激の反応(黄色)は腫瘍によって前外方に偏位している。これは腫瘍がextra-axial massであることも意味している。

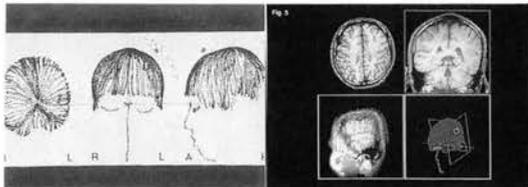


図21. 体性感覚誘発磁界の電流源

23歳の健常者の右拇指・示指・小指を電気刺激し、その短潜時の反応のdipoleを表示したもの。左の投影図では拇指が赤色、示指が緑色、小指が青色で示されている。右のスーパーインポーズでは拇指が黄色、示指が緑色、小指が青色で示されている。このように、Penfieldらが報告した体性局在が、非侵襲的に求められるようになった。

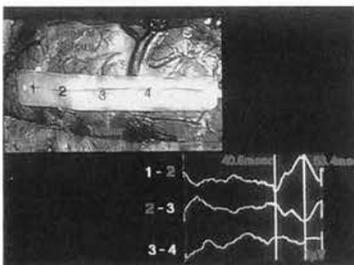


図23. Presurgical Functional Mapping (2)

転移性脳腫瘍の67歳の男性の術中の中心溝の同定。開頭後は皮質電極で体性感覚誘発電位を測定して、中心溝を同定する。2番の電極でphase reversalがあり、中心溝と分かる。腫瘍は感覚野の後方にあった。

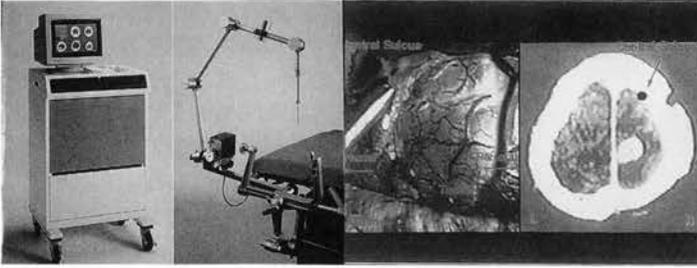


図24. Presurgical Functional Mapping (3)

東京大学脳神経外科が開発した術中モニタリング機器のニューロナビゲーターと組み合わせてもMEGのPresurgical Functional Mappingが正しかったことを証明できる。左図はニューロナビゲーターの概観で、6個の関節とアームから成り、アームの先端の部位を予めパソコンに読み込んで

おいたCTにリアルタイムで投射する。右図は中心溝をアームの先端で指した時のパソコン画面。

術中に中心溝を同定するには大きい開頭が必要となるが、MEGとニューロナビゲーターとの組み合わせで、より小さい開頭で済むようになると思われる。

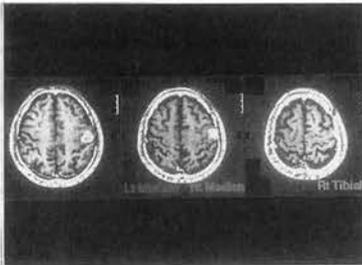


図25. Presurgical Functional Mapping (4)

Glioblastomaの43歳の男性のPresurgical Functional Mapping。腫瘍は不幸にして感覚野にあることが分かったが、かろうじてhand areaより下方であり、後遺症は顔面の感覚低下だけで済むと考えられた。中心溝の同定のみならず、体性局在の同定という意味でも、臨床的な価値は高い。

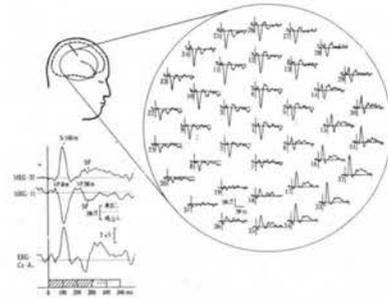


図26. 聴覚誘発磁界の波形

左耳800Hz トーンバースト刺激に対する聴覚誘発磁界の波形。強い反応は刺激提示約100msect後のN100m。

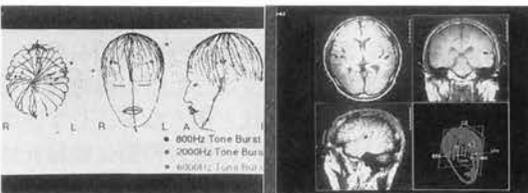


図27. 聴覚誘発磁界の電流源

22歳の健常者の両耳に800Hz, 2KHz, 6KHzのトーンバースト刺激をしたときの反応のdipoleを表示したもの。低い音ほど側頭葉外側が反応する音調局在が認められる。

(P30)

## 直腸癌の深達度とその進展様式—CT像と病理所見の対比検討

田中 淳司、沓掛 康道、青木 茂樹、  
藤井 博史、園村 哲郎、牛見 尚史、  
中根 香織、鈴木 謙三<sup>1)</sup>、飯野 弥<sup>2)</sup>：  
東京都立駒込放射線診療科<sup>1)</sup>、病理科<sup>2)</sup>

(はじめに)

低位直腸癌における深達度の判定は、術式に直接影響を与える点において結腸領域における場合よりもその意義が大きい。一方、直腸の周囲には脂肪組織が存在するために、腫瘍の管腔外進展の有無判定は本来CTに適した領域といえる。CT装置の性能向上は著しく、局所における癌進展の画像診断はミクロのレベルに近づこうとしているが、CT上直腸癌の管腔外進展の所見としては、1)腫瘍部における外壁のぼけ像や不整像、2)腫瘍部外壁のけば立ち(spiculation)像、などが経験的に用いられているのみで、病理学的な見地からの十分な検討が加えられているとは言えず、画像の解釈における根拠ははなはだ薄弱であった。

今回我々は、a2相当のRb直腸癌手術例で、当院で術前に高解像CTを施行し得た35例を対象として、この領域におけるCT画像と病理像の対比検討を行った結果、若干の知見を得たので報告する。

## 【対象および方法】

対象はa2相当のRb直腸癌手術例で、当院で術前に高解像CTを施行し得た35例から、画像と病理の両面で特徴的な所見が得られたものを抽出した。CT装置はGE9800 QUICKを使用し、骨盤腔を薄層(3mm厚み、8~10mm gap)でスライスした上で、病巣部をターゲットとして拡大再構成処理(FOV 20cm, detail algorithm)を行ない、画像上の壁外進展の状況を、病理所見と対比検討した。進展度の記載法は大腸癌取扱い規約<sup>3)</sup>に従った。以下に代表的なものを供覧する。

## 【症例1】〈fibrousなタイプ〉(図1a-c)

52歳女性、Rb直腸癌。術前のCTでは、腫瘍のある直腸後壁から周囲の脂肪層内へ入り込む典型的なspiculationが認められ、その一部は肛門挙筋に達しているように見える。A2の術前診断で手術が行なわれた。切除標本では、Rbの後壁を中心として3/4周を占める2型直腸癌で、断面の肉眼像では癌の浸潤が直腸外脂肪組織へ及び、強い線維化を伴っている。病理組織学的には中分

化型腺癌であり、直腸固有筋層は腫瘍に浸潤されて断裂している。周囲の脂肪組織には炎症細胞浸潤と強い線維増生を伴った癌の浸潤が認められる(a2)。癌の浸潤は肛門挙筋までは達しておらず、線維化のみが肛門挙筋周囲まで達していた。Spiculationは、強い線維増生を伴った癌の浸潤が周囲脂肪に及んだために生じたものと考えられる。

## 【症例2】〈炎症細胞浸潤型〉(図2a, b)

52歳男性、Rb-Ra直腸癌。術前のCTでは、直腸前壁に潰瘍を有する腫瘍が認められ、潰瘍底に接する周囲脂肪組織には辺縁不明瞭な濃度の上昇が認められる。CTによる術前診断はA2とした。摘出標本の断面では、中央に潰瘍を有する2型の直腸癌(Rb-Ra)であった。病理組織学的には中分化型腺癌であり、ルーペ像を見ると潰瘍底部では筋層が断裂し、癌の浸潤は周囲の脂肪組織にまで及んでいる(a2)。また、癌浸潤部の周囲には好中球を中心とした炎症細胞浸潤が著明だが線維化は強くない。この炎症細胞浸潤が潰瘍底からの炎症の波及か、あるいは癌への反応性のものかわからないが、CT上見られたぼんやりした濃度の上昇は炎症細胞浸潤によるものであったと考えられる。

## 【症例3】〈脈管侵襲型〉(図3a-c)

57歳男性、Rb-Ra直腸癌。術前のCTでは、腫瘍は右後方に偏在し、その外方の脂肪組織に延びるspiculationが認められ、A2と診断された。低位前方切除術が行なわれ、切除標本ではRa~Rb後壁3型の直腸癌である。肉眼的には周囲脂肪組織内に軽度の線維化が認められ、pmを少し越えるくらいの浸潤に見えた。病理組織学的には、高~中分化型腺癌が直腸壁外まで浸潤し(a2)、壁外脂肪組織内では中分化型腺癌のリンパ管侵襲と粘液癌の像を呈する癌の散在性の浸潤を見る。癌の直接浸潤部では組織反応としての線維化も見られるが全体としてはさほど強くなく、CT上のspiculationは浸潤部周囲の脈管侵襲に線維化成分が加わったものを見ていたと考えられる。

## 【症例4】〈4型(scirrhous)〉(図4a-d)

35歳男性、Rb-Ra直腸癌。術前のCTでは、腫瘍部分で直腸は全周性に肥厚して狭窄している。周囲の脂肪組織には不整ないしspiculation像が見られA2と診断された。低位前方手術が行なわれ、切除標本ではRa=Rbの4型直腸癌である。肉

眼的には直腸壁のスキルス様の肥厚が目立ち、壁外脂肪組織には軽度の線維化が見られる。病理組織学的には、signet ring cell carcinomaが主体をなし、一部に粘液癌の要素も見られる。癌は筋束間に浸潤し、一部では筋層外にも連続的に浸潤している(a2)。この外膜浸潤部分がCTで不整像あるいはspiculationとして見えたものと思われる。脂肪組織内の癌の浸潤には反応性的変化は乏しく、CT上描出されずとは考えにくい。

#### 【症例5】<粘液癌>(図5 a-c)

66歳男性、Rb直腸癌。術前のCTでは、内腔に突出するかなり大きな腫瘍で、内部に斑状のlow density areasが見られる。直腸の壁は腫瘍付着部と思われる左後方では見えなくなっており、斑状のlow density areasは管腔外と思われる部位にもいくつか認められ、A2と診断された。摘出標本では3型の直腸癌であり、粘液癌の像を呈する。腫瘍の一部は筋層を越えて脂肪組織内でも粘液結節状を示し(a2)CT上見られた管腔内外でのlow density areasに一致するものと思われる。CT上の斑状のlow density areasは腫瘍内部の粘液塊を見ていたものと考えられる。



図1 a : 症例1の術前CT像。  
腫瘍部の直腸後壁から周囲の脂肪組織内へ入り込むspiculationが認められる。



図1 c : HE染色ルーベ像。  
固有筋層は腫瘍に浸潤されて断裂し、周囲の脂肪組織には炎症細胞浸潤と線維増生を伴った癌浸潤が認められる。

#### 【おわりに】

直腸癌の壁外浸潤のCT像を病理組織学的所見と対比検討した。CT上見られた腫瘍部直腸壁とその周囲脂肪組織の変化には、腫瘍そのものの浸潤によるものと、それに伴う線維化などの組織反応が複雑に混ざり合って反映されていると考えられる4)。しかもその程度は症例ごとに様々である。また、癌浸潤部周囲には、時にabscessを形成する強い炎症細胞浸潤が見られることがあり、CT上真の浸潤癌との鑑別は容易でない。さらに、脈管侵襲が中心で周囲に反応性的変化が乏しい場合や、4型直腸癌のような広範なびまん性浸潤はCTでその浸潤範囲をとらえることはきわめて困難と考えられる。これらの点を踏まえた上で慎重なCT診断を行なうことが必要である。

#### 【文献】

- 1) 森武生、他：骨盤内臓器全摘術の適応と問題点。臨床外科45:985-990, 1990.
- 2) Ruedi F, Thoeni: CT evaluation of carcinoma of the colon and rectum.
- 3) 大腸癌研究会編：大腸癌取扱い規約改定第4版。金原出版、1985.
- 4) 飯野弥、他：直腸癌進展と病理学的所見……とくにCT所見との対比とその問題点。腹部画像診断12:107-113, 1992.



図1 b : 切除標本の剖面。  
癌の浸潤が直腸外脂肪組織へ及び、強い線維化を伴っている。



図2 a : 症例2の術前CT像。  
腫瘍の潰瘍底に接する周囲脂肪組織に濃度の  
上昇が認められる。

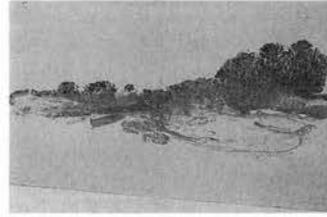


図2 b : HE染色ルーペ像。  
潰瘍底部では筋層が断裂し、周囲脂肪組織に  
癌の浸潤が及んでいる。



図3 a : 症例3の術前CT像。  
右後方に偏在する腫瘍外方の脂肪組織にspic  
ulationが認められる。

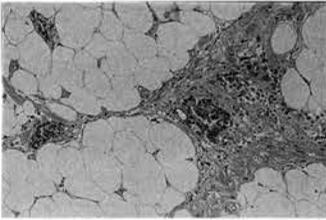


図3 c : 組織像 (×25)  
壁外脂肪組織内での中分化型腺癌のリンパ管  
侵襲を見る。



図3 b : EVG染色ルーペ像。  
腫瘍部の周囲脂肪組織内に軽度の線維化が認  
められる。



図4 a : 症例4の術前CT像。  
直腸の全周性肥厚と狭窄像があり、周囲脂肪  
組織にはspiculationが見られる。



図4 b : 同、切除標本の剖面。  
直腸壁のスキルス様の肥厚が目立ち、壁外脂  
肪組織には軽度の線維化が見られる。



図4 c : 同、AB-PASS染色ルーペ像。  
癌は筋束間に浸潤し、一部では筋層外にも連続的に浸潤している。脂肪組織内では反応性の変化は乏しい。

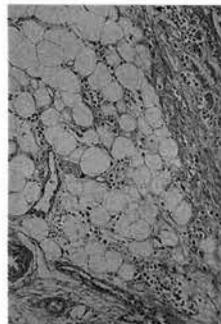


図4 d : HE 染色組織像。  
脂肪組織内の signet ring cell carcinoma.  
(×25)



図5 a : 症例5の術前CT像。  
内腔に突出する腫瘍の内部に斑状の low density areas が見られ、それは管腔外と思われる部位にも認められる。



図5 b : 同、切除標本の断面。  
粘液癌の像であり、腫瘍の一部が筋層を越えて脂肪組織内でも粘液結節状を示している。

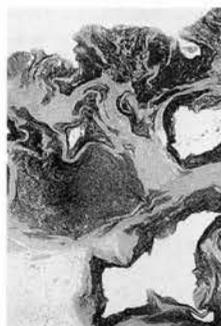


図5 c : 同、AB-PASS染色ルーペ像。  
著明な粘液産生像が認められる。

## (P 31)

## MR内視鏡による直腸癌の深達度診断

村野 明彦、佐木 文雄、木戸 長一郎<sup>1)</sup>、  
中村 常哉、小林 世美<sup>2)</sup>、平井 孝、  
加藤 知行<sup>3)</sup>、野崎 敦、中川 広純、  
森谷 浩人、吉留 英二<sup>4)</sup>：  
愛知がんセンター放射線診断部<sup>1)</sup>、  
消化器内科<sup>2)</sup>、消化器外科<sup>3)</sup>、  
横河メディカル<sup>4)</sup>

## 【はじめに】

内視鏡誘導下に、endorectal surface coil を直腸病変部の中心に正確に置くことができるMR内視鏡を開発し、11例の直腸癌患者に深達度診断を行ない、良好な結果を得た。今回、MR内視鏡の概要および臨床結果を中心に報告する。

## 【対象および方法】

1. 1992年1月から同年6月までの6ヵ月間に愛知がんセンターを受診され、かつ、大腸造影検査および組織生検にて直腸癌と診断され手術を受けた11症例を対象とした。

2. MRIの撮像は1.5-T Signa Advantage (GE Medical System)を用い、body coil およびESCを使用し直腸癌の深達度の診断能を比較検討した(表2)。

3. pulse sequencesは、spin-echo (SE)法、2D- および3D-fast Spoiled Grass (SPGR)法を用いた(表2)。

4. MRI撮像の手順は次の通りである。まず、内視鏡誘導下に、endorectal surface coil (ESC)を直腸病変部の中心に置き、コイル部分にマウントしたballoonを拡張させ、撮像を開始した。

5. coilの位置決めには、body coil SE法横断像冠状断像およびsurface coil 2D-fast SPGR法矢状断像を使用した。

6. 直腸癌の深達度診断はESC横断像でなされ、pulse sequenceとして、3D-fast SPGRおよびTL-weighted SE法を使用した。

7. 最後に、直腸周囲のリンパ節転移を診断するために、body coil T1-weighted SE法横断および矢状断像を撮像した。

8. また、摘出されたS状結腸-直腸移行部の粘膜下にLipiodol hystoacryl およびconteの混合物1mlを注入し、標本撮影を行なった。

## 【結果および考察】

1. MRI検査のsurface coil像では、腫瘍は骨格筋とほぼ同様の信号を呈し、MR内視鏡により

11症例の直腸癌を鮮明に描画した。

2. このうち、9例を正確に深達度診断ができた(表1)。

3. また、11例中2例は全周性の強い狭窄像を呈していたが、ESCを病変の中央に留置でき、この1例では、周囲臓器浸潤を描画した。

4. Retrospective Studyでは、この深達度診断は100%と考えられる。この過剰診断した2例中1例は腔壁への浸潤が疑われ、かつ、手術時、腔壁浸潤と診断され子宮付属器合併切除がなされた(図4)。

5. しかし、病理組織学的診断では、直腸癌の他臓器浸潤は否定され、この原因として、癌浸潤に伴う炎症性の癒着を考えた(図4D)。

6. また、リンパ節は円形、または、楕円形を呈しておりT1強調SE法、横断像では低信号として描画された(図5)。

7. 直腸周囲リンパ節転移は、大きさが直径5mm以上のものを陽性とした(図5)。

8. MRI検査では、病理組織学的にリンパ節転移の証明された4例のうち3例を正確に描画できた。

9. 3D-fast SPGR法では、20秒の撮像時間で16スライス像が得られ、かつ、スライス幅は2mmであった。

10. また、SE法に比較し腫瘍と周囲臓器とのコントラストが強調され、腫瘍を鮮明に描画できた。

11. 一方、body coil SE法ではしばしば腫瘍自体を描画できないこともあり、この深達度診断は50%であった。

12. 摘出標本撮像では、粘膜は高信号、粘膜下層は低信号、固有筋層は等信号、そして漿膜および漿膜下層は低信号として描画された(図2A・B、3A・B)。

13. 直腸のように動きのない臓器では、使用可能と考えるが、上部消化管縦隔および膵臓等の適応を考えると、MR内視鏡の一本化、撮像時間の短縮等の改善が必要である。

## 【結語】

1) 11例の直腸癌患者にMR内視鏡検査を行ない、MR内視鏡像と組織病理学的に比較検討した。

2) 直腸癌11例中9例を正確に、深達度診断ができ良好な結果を得た。

3) 3D-fast SPGR法は、scan timeが短く、腫瘍と周囲臓器のコントラスト分解能が優れ、深達度診断に有用なsequenceであった。

4) 標本撮影では、直腸壁の6層構造を描画し得た。

Table 1

Correlation of Histologic and MR Examination of the Depth of Bowel Wall Invasion (11 Epithelial Tumors)

MR Imaging	Histologic Examination			
	Mucosa and submucosa	Muscularis Propria	Perirectal fat	Adjacent organ
Mucosa and submucosa	1	0	0	0
Muscularis Propria	0	1	0	0
Perirectal fat	0	1	6	0
Adjacent organ	0	0	1	1
Total	1	2	7	1

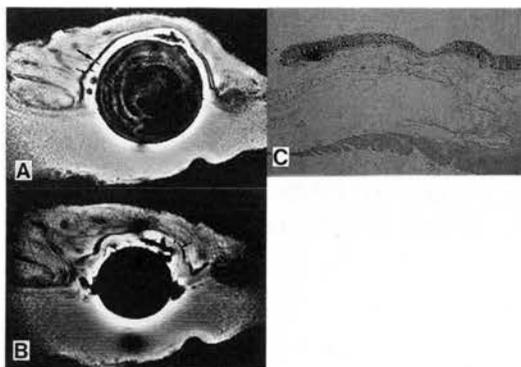
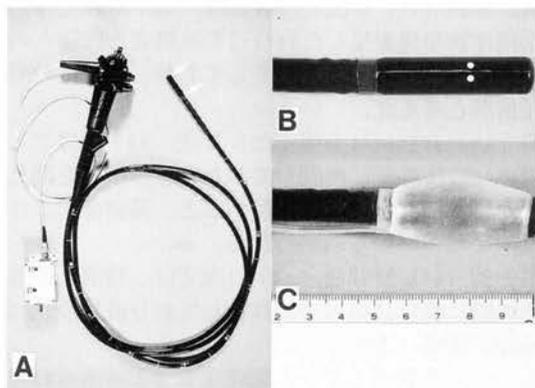


Table 2

MRI System and Pulse Sequences

1. MRI System: Signa 1.5-T (GE medical System)
2. Pulse sequences
  - a) spin-echo (SE) T1-weighted, TR/TE=600/20-25, FOV: 24cm, matrix: 256x128, 5mm section thickness, 2 NEX, axial or coronal or sagittal images.
  - b) 3D-fast Spoiled Grass (SPGR) TR/TE=11/2, FOV: 8-18cm, matrix: 256x128, 2mm section thickness, 1-4 NEX, axial images, flip angles: 10-30°.
  - c) 2D-fast SPGR TR/TE=10/2, 9, FOV: 18cm, matrix: 256x128, 2 NEX, sagittal images.

図1: MR内視鏡

A, 全体像: 矢印部分のreceiver coilは、内視鏡同様可動する。

B, surface coil部分の拡大像: 2つの円い印はコイルの機能面を表す。目的とする病変にこの印を合わせ撮像する。

C, コイル表面にballoonを付け5mlの空気で拡張させたもの: balloonはartifactを軽減し、かつ、腸管を適当に緊張させ、鮮明な像を創っている。これらの操作は、深達度診断に良好な画質をもたらす。

図2: 標本撮影

(撮像条件; 3D-fast SPGR法, 23/7.7, 256x256, 2-4NEX, FOV: 8cm)

A, 摘出した大腸(直腸-大腸移行部)の粘膜下にconten-butyl 2-cyanoacrylate, lipiodolの混合液1mlを注入し撮像した。粘膜(矢頭小), 粘膜下層(矢頭大), 固有筋層(矢印中)および漿膜-漿膜下層(矢印大)の4層は、それぞれ高信号, 低信号, 等信号および低信号として描画されている。

B, balloonの空気を抜き腸管の緊張をとると、固有筋層は輪走筋(矢印小)と縦走筋(矢印中)に分離された3層に描画され、かつ、粘膜下層はより鮮明な像となる。

C, 病理組織標本

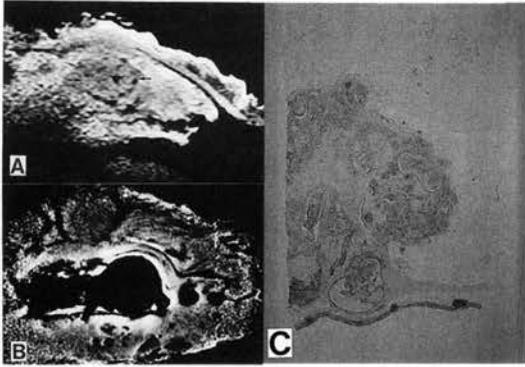


図3：Borr-3型直腸癌の壁外転移による直腸壁浸潤の生および固定標本：

A, 直腸壁は6層に分離され粘膜下層が肥厚している。腫瘍径は12mmである(矢印)。

B, 生標本では細い低信号帯として描画され、転移巣はコントラストが強調されている。また、この周囲に低信号帯をみる。

C, 病理組織標本

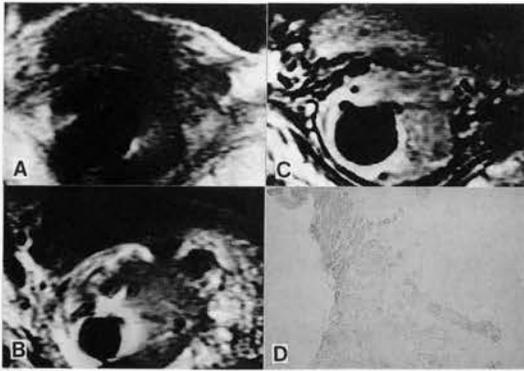


図4：臨床例1

A, Body coil を使ったSE法, axial像では、全周性狭窄像を呈したBorr-2型直腸癌と腔壁との間にperirectal fatは消失しており、腔壁への直接浸潤と考えた。

B; surface coilを使ったSE法, axial像でも、腫瘍は直接腔壁に浸潤しておりA3の所見を得た。しかし、body coilと比較すると、腫瘍像がより鮮明になっているのがわかる。

C, 3D-fast SPGR法, axial像では、腫瘍と腔壁との間に淡い低信号帯が存在しており直接浸潤は否定できる(矢印)。

D, 病理組織標本では、深達度a2と診断された。

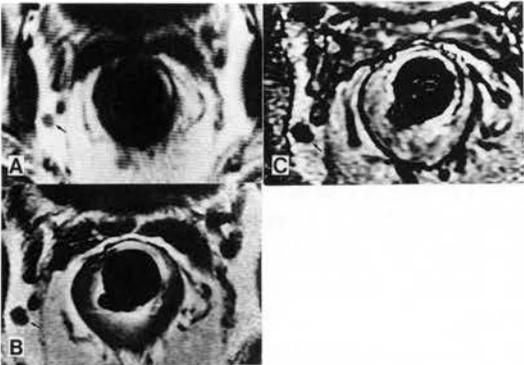


図5：臨床例2

この症例は、病巣周囲に直径5mm大の転移リンパ節が明瞭に描画されているが、腫瘍の深達度はpmであった。

A, SE法, axial像,

B, surface coilを使ったSE法, axial像,

C, 3D-fast SPGR法, axial像である。

ダウンロードされた論文は私的利用のみが許諾されています。公衆への再配布については下記をご覧ください。

### 複写をご希望の方へ

断層映像研究会は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。

本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(社)学術著作権協会より許諾を受けて下さい。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が社団法人日本複写権センター（(社)学術著作権協会が社内利用目的複写に関する権利を再委託している団体）と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はございません（社外頒布目的の複写については、許諾が必要です）。

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会  
〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル 3F FAX：03-3475-5619 E-mail：info@jaacc.jp

複写以外の許諾（著作物の引用、転載、翻訳等）に関しては、(社)学術著作権協会に委託致しておりません。

直接、断層映像研究会へお問い合わせください

### Reprographic Reproduction outside Japan

One of the following procedures is required to copy this work.

1. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has concluded a bilateral agreement with an RRO (Reproduction Rights Organisation), please apply for the license to the RRO.

Please visit the following URL for the countries and regions in which JAACC has concluded bilateral agreements.

<http://www.jaacc.org/>

2. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has no bilateral agreement, please apply for the license to JAACC.

For the license for citation, reprint, and/or translation, etc., please contact the right holder directly.

JAACC (Japan Academic Association for Copyright Clearance) is an official member RRO of the IFRRO (International Federation of Reproduction Rights Organisations).

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAACC)

Address 9-6-41 Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan

E-mail info@jaacc.jp Fax: +81-33475-5619