

腹部，四肢の ^{31}P MRS

今村恵子¹，佐伯光明¹，北川あず真¹，佐藤光也²，
成松 洋²，中島久弥³，名越温古⁴，高桑俊文⁵，
石川 徹¹

¹聖マリアンナ医科大学放射線医学教室 ²同病院画像診断センター
³同整形外科科学教室 ⁴同第3内科学教室 ⁵同第2病理学教室

はじめに

^{31}P MRS がヒト腫瘍に *in situ* で応用され始めたのは1980年代初めである。手の腫瘍について化学療法の途中でMRスペクトルを測定したのが初期の研究の一つであり，それまでに既に蓄積されていた動物実験のデータを参照しながらスペクトルの変化を解釈し，ヒトについての *in vivo* NMR が患者の管理に役立つばかりでなく，実験腫瘍についての生化学的な研究を方向づける可能性があることを示唆している¹⁾。

In vivo MRS では領域選択は重要な課題であるが， ^{31}P MRS は臨床用MR装置を用いたMRSの中では最も早く稼働したにもかかわらず，三次元領域選択法を組み込んだ装置は限られていた。その後も普及したとは言い難く，表面コイルの感度に頼った局在化が領域選択法のすう勢であった。信号の局在化が不十分であったことは，得られた ^{31}P MRスペクトルの内容に基本的にあいまいな部分を残し，それがスペクトルの解釈を難しくした一因であると考え

る。 ^{31}P MRS ではエネルギー代謝やリン脂質代謝にかかわる代謝物質が測定の対象となる。こ

れらは生体に普遍的に存在するため， ^{31}P MRスペクトルで見られる代謝物質の濃度の変化も疾患についての特異性が高いとは言えないが，細胞膜の代謝に関連するPME (phosphomonoester) やPDE (phosphodiester) 信号の増減が ^{31}P MRSを用いた多くの研究で注目されている。臨床への応用で期待されるのは，

- (1) 正常，異常の識別と，良性，悪性の判別
- (2) び慢性疾患の代謝機能の評価と診断
- (3) 治療経過の観察

などの方面である。

本総説は第26回日本磁気共鳴医学会大会におけるワークショップのまとめという意味があるので，ワークショップにおいて提示した症例も紹介したい。自験例のスペクトルはいずれもGyrosan S15 (Philips, 1.5T) 若しくはACS NT (Philips, 1.5T) を使用し，ISIS法により領域選択を行い，信号測定にはFIDを用いた。特に断らない限り，TRは2sで，表面コイルの直径は14cmである。

肝のMRS

代謝機能を調べる上で生化学的な検査と比べた ^{31}P MRSの特徴は， ^{31}P MRSでは臓器，必

キーワード ^{31}P MRS, liver, musculoskeletal, tumor, therapy

要ならばその特定の部分を直接的に評価できることである. 肝は ^{31}P MRS が早くから応用された臓器であり, Oberhaensli ら²⁾により健康人 ($n=7$) の肝について, 代謝物質の濃度, pH, 信号強度の TR 依存性, フラクトースの負荷など, その後の肝 MRS にとって意義のある研究が行われた. それ以前に Maris ら³⁾は神経芽細胞腫 2 例について治療開始後の MR スペクトルの変化を追跡し, 治療効果の評価への応用の可能性を臨床例によって示した.

1. び慢性疾患

代謝機能を調べる目的で, 肝炎, 肝硬変に ^{31}P MRS を応用した報告は多いが, それぞれの研究で対象とした患者の病因, 病期は多様であり, また, TR などのスペクトルの測定条件

も異なるため, スペクトルを相互に比較するには注意を要する^{4),5)}.

Menon らにより 85 例の硬変肝の代謝が ^{31}P MRS を用いて行われた⁴⁾. また, 肝移植をうけた患者 31 例全例についての *in vivo* と *in vitro* MR スペクトルの比較, 更に, 電子顕微鏡による肝組織の研究は ^{31}P MRS による硬変肝の代謝についての一つのまとめといえる⁵⁾. Fig. 1 に示すように, 肝機能の低下とともに PME/NTP 比, PME/PDE 比が上昇し, PDE/NTP 比は低下するが^{4),5)}, なかでも, ウイルス性肝硬変 ($n=3$) では他の原因による肝硬変よりも PME/NTP 比, PME/PDE 比が高い⁴⁾. Taylor-Robinson らの研究によって, *in vivo* MR スペクトルでの PME の上昇と PDE

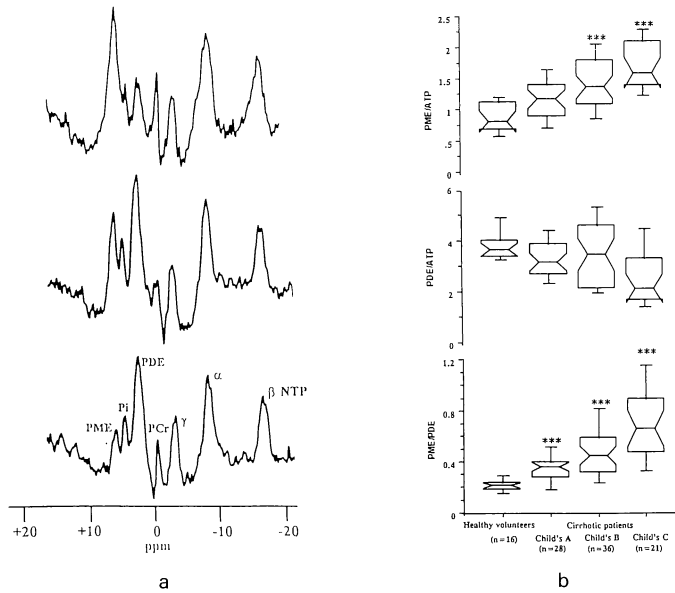


Fig. 1. Spectral pattern of liver cirrhosis. (a) Hepatic spectra acquired with TR 5000 ms from a healthy volunteer, a patient with cirrhosis (Pugh's score 7) and a patient with cirrhosis (Pugh's score 11) (from the bottom to the top)⁵⁾. (b) Metabolite ratios in patients with cirrhosis in relation to the degree of functional impairment. “***” indicates significantly different from reference values ($p < 0.001$)⁴⁾.

の低下が主として硬変肝の再生的な変化に伴うリン脂質代謝の変化と、細網内皮の減少を反映したものであることが確認された⁵⁾。肝硬変の重症度分類 (Pugh's score など) は検査データや臨床所見から定められるため、必ずしも肝の機能だけを表現しているとはいえない。それに対して ³¹P MRS は肝の代謝機能を直接的に観察できる方法であり、患者の経過観察や肝移植などの治療方針の決定に有用となる。

一方、リンパ腫等のび慢性の肝浸潤は画像検査法では診断が困難であり、³¹P MRS の寄与が期待される。リンパ腫が浸潤した肝における PME の上昇が、浸潤を診断する指標になりうることは Dixon ら⁶⁾、Heindel ら⁷⁾により示された。Dixon らは対象とした 22 例のうち、CT

ないし US が正常で肝機能検査において異常があった 9 例中 5 例、また、CT, US, 肝機能検査が共に正常な 8 例中 3 例、について PME の増加が見られたことを報告している (Fig. 2)。腫大したリンパ節の *in vivo* MR スペクトルでは PME が非常に高く、*in vitro* NMR によりこの PME の主成分は PE (phosphoryl-ethanolamine) と同定された。浸潤肝の MR スペクトルでみられる PME の上昇はおそらく PE に富むリンパ腫細胞を検出しているものと解釈されている⁶⁾。

Negendank ら⁸⁾は様々な部位のリンパ腫 22 例について ¹H decoupling を用いた ³¹P MRS を行い、共通する特徴として PME が高いこと、GPE, GPC が低いことを報告している。PME の構成成分のピークがよく分離された 11 例のスペクトルから、PE/PC (phosphorylcholine) は平均 2.9 と推定されている。なお、対象例の中にはリンパ腫が浸潤した脾が 3 例含まれ、正常な脾と比べ、3 例共 PE に相当する信号が高く、2,3-DPG よりも高いことが特徴であった⁸⁾。我々は脾の ³¹P MRS において、脾での髄外造血や臨床的に脾への浸潤が考えられる症例 7 例と、脾での細胞増殖が考えられない症例と健常人計 6 例を比較したところ、前者では PME の化学シフトが低磁場側にシフトしていた⁹⁾。PME の構成成分である PE の共鳴周波数は PC よりも低磁場側にあることから、少数例ではあるが、PME の中で PE の割合が増加したことを示唆している可能性があり、臨床において、¹H decoupling が期待される分野である。

2. 局在した病変

局在した病変への ³¹P MRS の利用に関しては、肝悪性腫瘍の治療経過を観察する点で有用である。治療開始後、CT, MRI において形態的な変化が認められるのに先だって、MR スペクトルでは PME, NTP の信号強度の変化として治療効果を捕えることができる¹⁰⁾。動注化学療法の効果を判定する標準的な方法は確立さ

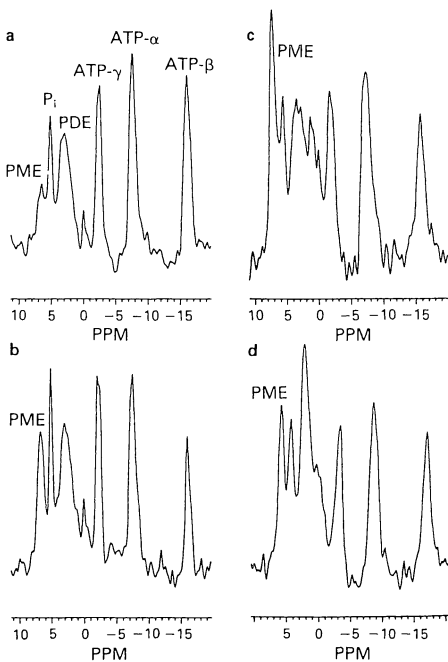


Fig. 2. Hepatic spectra. (a) A normal control. (b) A patient with hepatic lymphoma (abnormal liver function tests, but apparently normal CT scan). (c) A patient with hepatic lymphoma (abnormal liver function tests, and abnormal CT scan). (d) Patient c after chemotherapy⁶⁾.

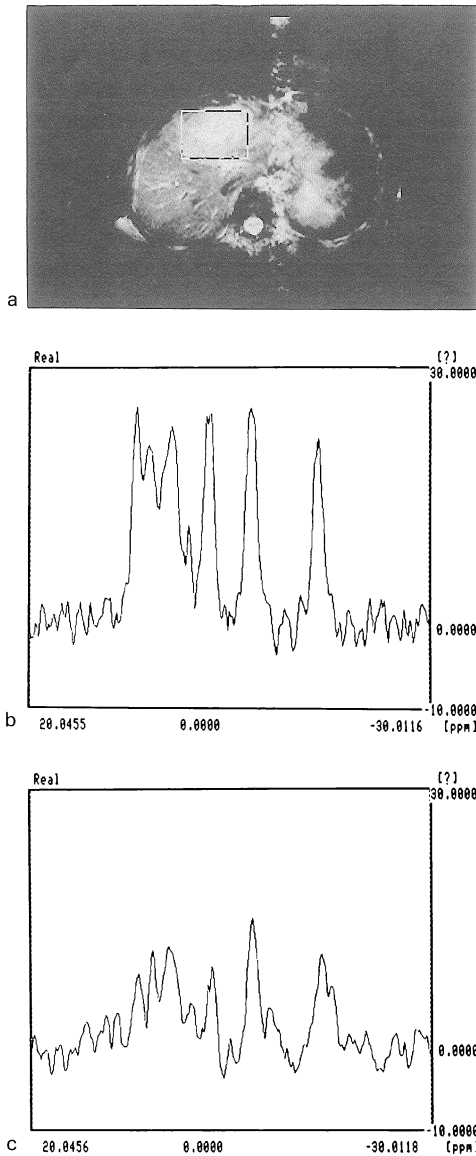


Fig. 3. 76 y.o.-male with metastatic liver cancer of esophagus carcinoma. (a) Volume-of-interest on a T₂-weighted image. (b) Spectrum from the volume of 5×8×6 cc within the tumor before therapy. (c) Two weeks later after repeated percutaneous ethanol injection therapy (PEIT). Spectrum from the volume of the same size¹²⁾.

れていないが、我々は三次元の領域選択を行った ^{31}P MRS の経験から、PME、ないしは PME/NTP の低下、更に進んで NTP も含めて腫瘍内の代謝物質全体の低下と消失、が腫瘍細胞の活性低下を反映しているとみなし、治療効果を判断する臨床的な指標と考えている¹¹⁾ (Fig. 3).

3. 紹介

肝の部分切除が計画され、非切除予定の部分の代謝機能を評価するために実施された ^{31}P MRS を紹介する。患者は 74 歳男性で左葉に肝細胞癌があり、生化学検査から肝硬変を疑ったが、シンチグラムなどでは否定的であり、術前に代謝機能を調べる目的で肝右葉について MRS が行われた。スペクトルは正常肝に近く肝硬変は考えにくかった (Fig. 4)。肝外側区域切除が行われ、病理組織検査では非癌部分は慢性肝炎 (inactive) とされ、術後約 3 週間以降の CT にて肝の再生が多少進んでいることが認められた。 ^{31}P MRS は肝予備能を直接的に評価できる可能性をもつと考えている。

四肢の MRS

磁石の口径が小さかった時期には、 ^{31}P MRS のヒトへの *in situ* な応用ができる部位は限られており、初めて無傷のヒト腫瘍に応用されたのは、筆者の知る範囲では、口径 20 cm の磁石を利用した手背の腫瘍 MRS である¹⁾。

筋肉からは PME がほとんど検出されず、PDE も低いことから、スペクトルで PME が上昇していればそれは病変に由来するものと推定されることが多いが、NTP の信号強度に基づいて腫瘍のエネルギー代謝を評価する場合には三次元領域選択により周囲の組織から信号が混入するのを抑制することが必須である。

1. 診断への寄与

1989 年以降、多くの組織型の腫瘍のスペクトルが報告されているが^{13)~15)}、腫瘍の病期によるスペクトルの違いもあり (Fig. 5)、組織

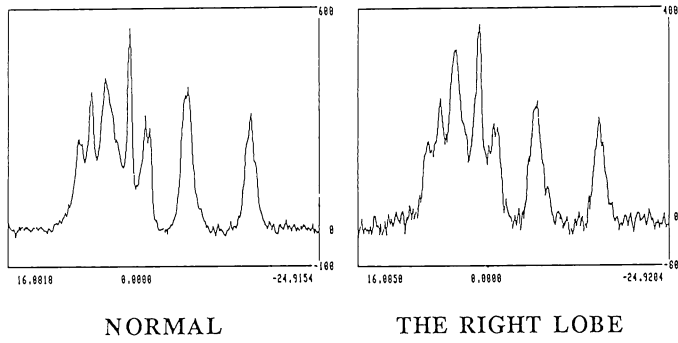


Fig. 4. Right : spectrum from the right lobe of the liver in a 74 y.o.-male with hepatocellular carcinoma of the left lobe. Left : a normal liver spectrum. Both spectra were measured without ISIS localization.

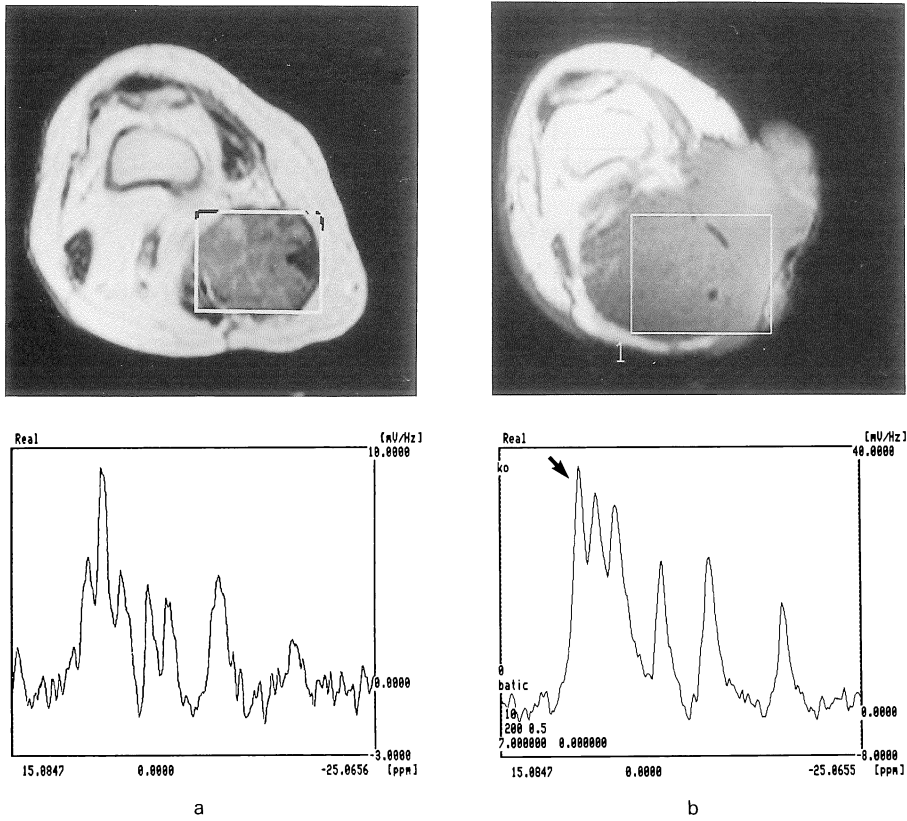


Fig. 5. A 78 y.o.-female with malignant fibrous histiocytoma. (a) T₁-weighted image and tumor spectra at the first time MRS. (b) T₁-weighted image and the spectrum of the recurrent tumor with increased PME (arrow). (from ref. 24, pp. 83-85).

型ごとに特有なスペクトルのパターンを定めることは困難である。

良性病変 (n=17) と悪性病変 (n=17) について表面コイルの感度による局在化と 1D-CSI により ³¹P MRS が行われた¹³⁾。良性病変の一部については PDE や PME が高めなことも観察されているが，定性的には筋肉のスペクトルに似ており，スペクトルのパラメータの中で PME/NTP 比は悪性と良性の間でオーバーラップがほとんどなく，判別に有効であることが示唆されている¹³⁾。Zlatkin らは 23 例を対象とし，NTP に対する低エネルギーリン酸化物 (PME, Pi, PDE) の信号強度を評価しているが¹⁴⁾，得られた結論は基本的に前者と共通している。Redmond ら¹⁵⁾は 28 例の骨軟部腫瘍について表面コイルによる局在化をした ³¹P MRS を行い，正常な筋肉と比べ平均して PME, PDE が高いとしているが，対象の中で 9 割に近い 25 例が悪性腫瘍であるから，それは悪性腫瘍の特徴を表していると考えられる。

2. 悪性骨軟部腫瘍の治療経過

1983 年には ³¹P MRS を利用して手の悪性腫瘍の治療経過をモニタした例が報告されており，治療途中に行われた 2 回の MRS でスペクトルに大きな変化はなく，治療効果は少ないと解釈されている¹⁾。その後，MR スペクトルでの ATP の低下や Pi の増加が，腫瘍の体積が縮小するのに先だって観察され，化学療法に対する反応を早期に検出できることが報告された¹⁶⁾。我々は，骨肉腫一例において，化学療法に対する反応が組織学的な変化として現れる前に，³¹P MRS において代謝物質の信号強度の変化として検出できた経験がある¹⁷⁾。

続いて，予後にとって最も重要な因子は手術時の腫瘍の壊死率であるという認識のもとに，術前の治療による MR スペクトルの変化と腫瘍組織の壊死率との関係が分析された^{15),18)~22)}。また，治療効果を予測したものとしては，軟部肉腫に術前に放射線治療と温熱治療を施した対象 (n=20) についての研究から，壊死率が

95~100% と高い群では治療前の腫瘍 pH が高く，治療前の pH が治療効果を予測できることが示唆された¹⁹⁾。

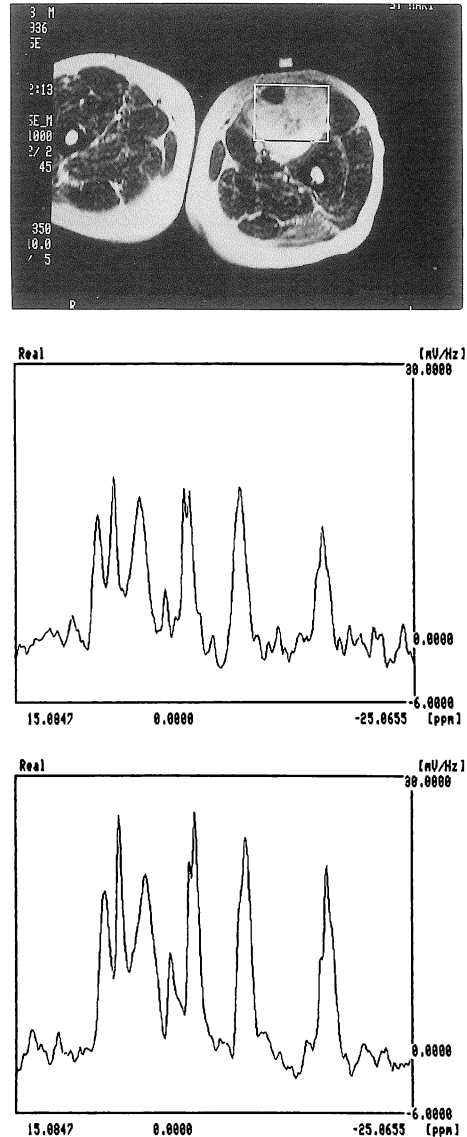


Fig. 6. Fibrosarcoma, partly malignant fibrous histiocytoma in a 57 y.o.-male. T2-weighted image and tumor spectra (lower : before therapy, upper : 45 days later, after chemotherapy and radiation of 30 Gy). (from ref. 24, pp. 81-82).

治療により腫瘍細胞が活性を失った場合には代謝物質の減少が期待されるが、NTPを含め腫瘍内代謝物質の真の変化を評価するには、周囲の組織からの信号混入を抑制するために三次元的な領域選択が必要である^{20)~22)}。表面コイルの感度だけによる局在化法では、PDEピークの低下が壊死率の指標とされた¹⁵⁾。Dewhirstらは1D-CSIを利用したMRSを行っており、壊死率が95%の例では、代謝物質が消失していることを示している¹⁸⁾。我々はスペクトル上の全代謝物質の信号強度を積算し、その値の治療後/治療前比と壊死率の関連を見たところ、手術標本で推定した腫瘍壊死が高率なほど積算値の比は低下しており、比が0.1以下で95%以上の壊死が達成されていた²¹⁾。

治療経過をみるために³¹P MRSを実施した自験例を示す。Fig. 6に示したのは57歳男性で左大腿部の低分化型線維肉腫（部分的に悪性線維性組織球腫）の症例である。化学療法と放射線治療（30 Gy）が行われた、手術前のスペクトルは治療前のスペクトルと比較して信号強度は若干低下しているが、PME, NTPとも依然として高く、治療効果は低いと考えた。手術後、6か月で再発入院となった。

Fig. 7に示したのは左腸骨骨肉腫の症例であ

る。治療前のスペクトル（左上）ではPMEはほとんど見られないがNTPは高い。シスプラチンによる化学療法が行われたが、1か月後のスペクトルでは代謝物質のピークは若干増加し、PMEが増加が目立った。薬剤はメソトレキセートに変更され、3週間後のスペクトル（左下）では代謝物質の信号は著しく減少した（放射線療法も併用、34 Gy）。更に10週間後、化学療法中のスペクトル（右下）でも代謝物質の信号は全体的に非常に低くほとんど検出できない状態であった。MRSが化学療法の方針変更に役立つ例と考えている。

3. 紹介

我々はISIS法を用いた局在化スペクトルにおいて、良性病変の中でも代謝物質のピークがほとんど検出されないものと、PME, PDE, NTPの信号が高いものを経験しており、それぞれは、Negendankら¹³⁾が報告している、正常な筋肉に近いスペクトルと、PME, PDEが高めのスペクトルに対応していると考えられる。57例（悪性25例、良性32例）の骨軟部病変の³¹P MRスペクトルを解析した結果、PMEのS/Nが5以上であること、あるいは、PMEのS/Nが2以上でしかもPME/NTPが1以上であることが悪性を示唆するグループと

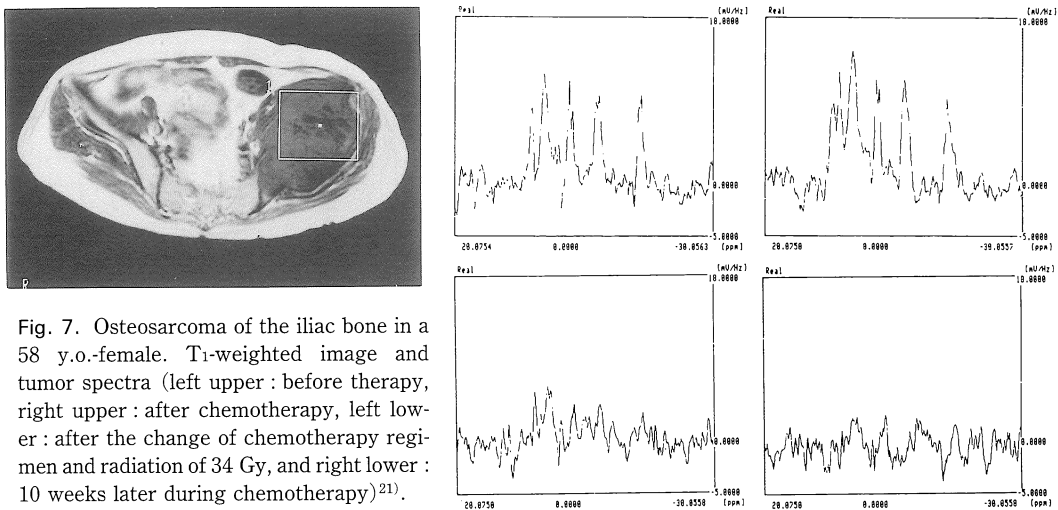


Fig. 7. Osteosarcoma of the iliac bone in a 58 y.o.-female. T1-weighted image and tumor spectra (left upper : before therapy, right upper : after chemotherapy, left lower : after the change of chemotherapy regimen and radiation of 34 Gy, and right lower : 10 weeks later during chemotherapy)²¹⁾.

なった。そのグループに含まれる良性腫瘍の4例のうち3例が骨巨細胞腫で、骨巨細胞腫の半数が相当した。このほかMRスペクトル上悪性と紛らわしいのは線維腫症 (Fig. 8) であり、腫瘍内の代謝物質の含量が高いことは、浸潤性の発育や再発など²³⁾臨床的に高い活動性を持つ腫瘍であることと矛盾しないと考えている。

また、脂肪腫の多くはMR画像において信号は均質なことが多いが、不均一な信号の場合には画像上では脂肪肉腫との区別が難しい。脂肪肉腫では代謝物質の信号は高く、脂肪腫ではNTP, PME, PDEはほとんど検出されない^{12), 24)}。MR画像上、不均一な信号を呈し画像上は脂肪肉腫が疑われた2例を示す (Figs.

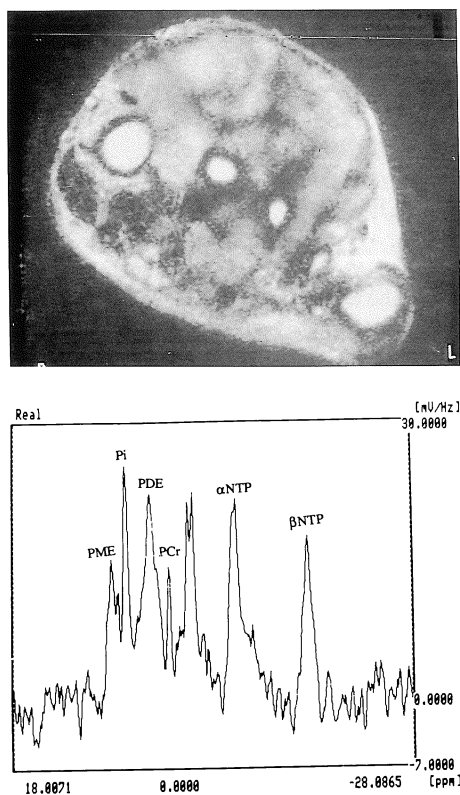


Fig. 8. A 16 y.o.-female with fibromatosis of the foot. T₂-weighted image and tumor spectrum. (from ref. 24, pp. 117–118).

9, 10). Fig. 9 に示した症例ではNTPは認められず信号はPCrのみで、これは筋肉からの信号混入と解釈されるので、MRスペクトルからは脂肪腫が考えられた。診断は脂肪腫であった。Fig. 10 に示した症例ではPCrとNTPが検出されたが、PCr/NTP比が正常の筋肉より低く、NTPは筋肉からの信号混入だけでは説明できず、低いながらも腫瘍自体からの正味の信号と考えた。したがって、MRスペクトルからは脂肪腫とは考えにくく、悪性であるとしても活性が低い性質のものと推定した。診断は高分化脂肪肉腫であった。

上記の例に示されるように、我々は三次元的に領域選択されたスペクトルで見られるNTP信号は積極的に評価する価値があると考えている。この場合、周辺の筋肉からの信号混入につ

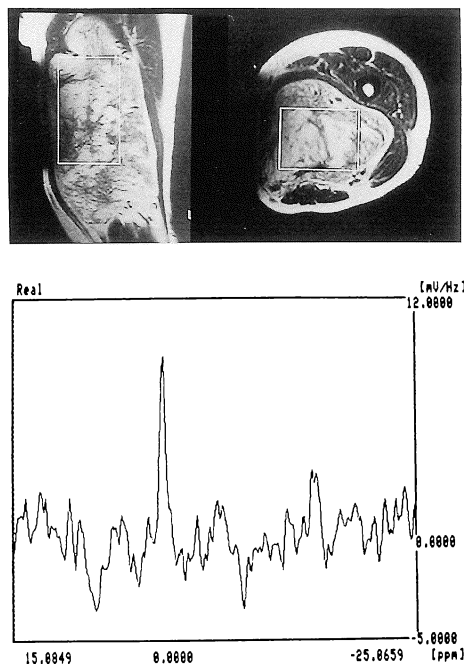


Fig. 9. A 59 y.o.-female with lipoma of the thigh. T₁-weighted image and tumor spectrum. Spectrum was measured from the volume of 6 × 14 × 8 cc. Only PCr was detected, probably due to signal contamination from muscle. (from ref. 24, pp. 108–109).

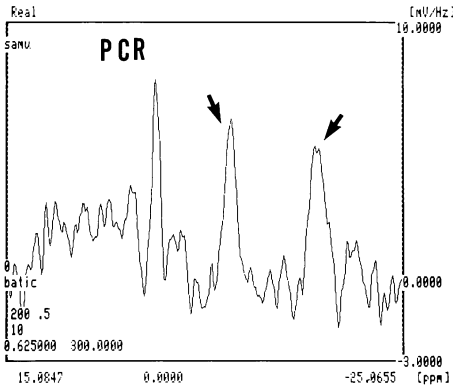
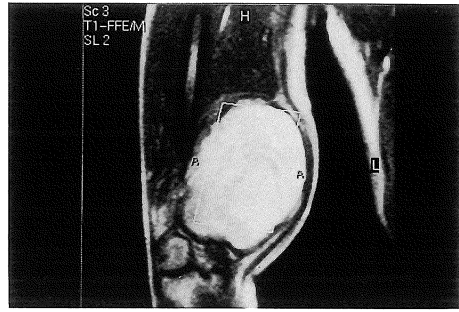
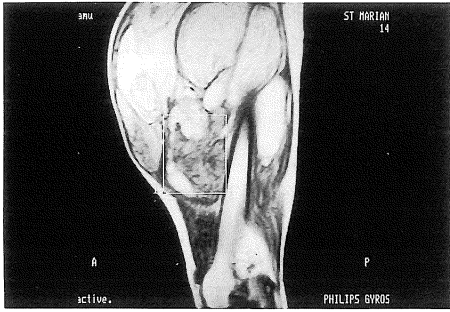


Fig. 10. A 53 y.o.-male with well-differentiated liposarcoma of the thigh. T1-weighted image and tumor spectrum from the volume of $8 \times 10 \times 7$ cc. Detected were PCr and NTP peaks. Arrows indicate α - and β -NTP.

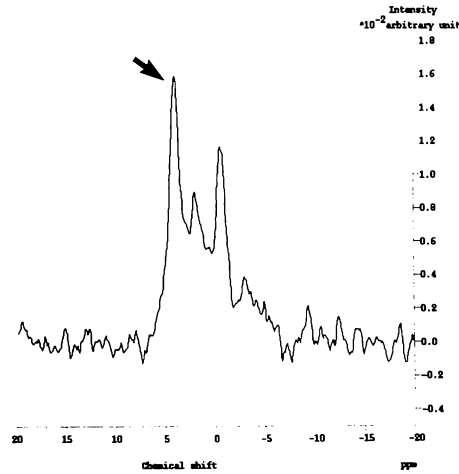


Fig. 11. Aneurysm with surrounding hematoma in the thigh in a 55 y.o.-male. T1-weighted image and tumor spectrum from the volume of $9 \times 7 \times 12$ cc. Pi is the highest peak (arrow) and no NTP peaks are detected. This patient had renal carcinoma resected five years ago. The huge mass in the thigh was suspected as metastasis on MR images.

いては PCr を指標とする。 Fig. 11 に示した症例は 93 年に腎腫瘍のため腎が摘出されている。 98 年に右大腿に腫瘤が触知され、画像では転移か他の肉腫が疑われた。 MRS が行われ、最も高いピークは Pi で、NTP は検出されず、MR スペクトルからは悪性とは考えにくかった。血管撮影により巨大な血腫を伴う仮性動脈瘤と診断された。

まとめ

病変の生化学的あるいは生理学的な変化を我々に知らせているのが MRS の特徴であり、ここでは肝、脾と四肢への ^{31}P MRS の応用報

告の中から、臨床での判断に役立つと思われるものを自験例も加えて述べた。 ^{31}P MRS で検出される PME, PDE の構成成分は複雑な代謝経路に組み込まれており、基礎研究は進んでいるものの^{25),26)}、臨床スペクトルの解釈に生かすには更なる障壁があることを感じた。 ^{31}P MRS が臨床において更に活用されるには、三次元的な領域選択法により情報のあいまいさを除くこと、操作の自動化、が基本的に必要である。また、PME の構成成分である PC と PE

の濃度水準は異なる機構で制御されていると考えられており²⁶⁾，¹H decoupling により臨床における³¹P MRS が内容的に発展することが期待される。

文 献

- 1) Griffiths JR, Cady E, Edwards RHT, McCready VR, Wilkie DR, Wilshaw E : ³¹P-NMR studies of a human tumour *in situ*. The Lancet 1983 ; 25 : 1435-1436
- 2) Oberhaensli RD, Galloway GJ, Taylor DJ, Bore PJ, Radda GK : Assessment of human liver metabolism by phosphorus-31 magnetic resonance spectroscopy. Br J Radiol 1986 ; 59 : 695-699
- 3) Maris JM, Evans AE, MacLaughlin AC, D'Angio GJ, Bolinger L, Manos H, Chance B : ³¹P nuclear magnetic resonance spectroscopic investigation of human neuroblastoma *in situ*. New Eng J Med 1985 ; 312 : 1500-1505
- 4) Menon DK, Sargentoni J, Taylor-Robinson SD, et al. : Effect of functional grade and etiology on *in vivo* hepatic phosphorus-31 magnetic resonance spectroscopy in cirrhosis : biochemical basis of spectral appearances. Hepatology 1995 ; 21 : 417-427
- 5) Taylor-Robinson SD, Sargentoni J, Bell JD, et al. : *In vivo* and *in vitro* hepatic ³¹P magnetic resonance spectroscopy and electron microscopy of the cirrhotic liver. Liver 1997 ; 17 : 198-209
- 6) Dixon RM, Angus PW, Rajagopalan B, Radda GK : Abnormal phosphomonoester signals in ³¹P MR spectra from patients with hepatic lymphoma. A possible marker of liver infiltration and response to chemotherapy. Br J Cancer 1991 ; 63 : 953-958
- 7) Heindel W, du Mesnil R, Kugel H, Bunke J, Diehl V : ³¹P-MRS of the human liver -spectral hints on diffuse liver disease. Abstracts of Soc Mag Reson Med 1992 ; 487
- 8) Negendank WG, Padavic-Shaller KA, Li C-W, Murphy-Boesch J, Stoyanova R, Krigel RL, Schilder RJ, Smith MR, Brown TR : Metabolic characterization of human non-Hodgkin's lymphoma *in vivo* with the use of proton-decoupled phosphorus magnetic resonance spectroscopy. Can Res 1995 ; 55 : 3286-3294
- 9) 名越温古, 福村玲子, 白川久美子, 高橋 敦, 野村眞智子, 磯部穂積, 井手 潔, 染谷一彦, 佐伯光明, 今村恵子 : 脾に対する³¹P MRS の新しい指標の設定. 医学の歩み 1993 ; 167 : 239-240
- 10) Meyerhoff DJ, Karczmar GS, Valone F, Venook A, Matson GB, Weiner MW : Hepatic cancers and their response to chemoembolization therapy. Inves Radiol 1992 ; 27 : 456-463
- 11) 佐伯光明, 芦田 浩, 今村恵子, 福井 厚, 石塚久美子, 桑原雅子, 若林雅人, 石川 徹, 岩渕省吾, 水口明洋 : 悪性肝腫瘍に対する³¹P MRS の臨床応用—治療経過の判定を中心に. 日医放会誌 1992 ; 52 : 744-754
- 12) 今村恵子, 塚本 浩 : MR スペクトロスコピー. 医学検査 1997 ; 46 : 1689-1700
- 13) Negendank WG, Crowley MG, Ryan JR, Keller NA, Evelhoch JL : Bone and soft-tissue lesions : diagnosis with combined H-1 MR imaging and P-31 MR spectroscopy. Radiology 1989 ; 173 : 181-189
- 14) Zlatkin MB, Lenkinski RE, Shinkwin M, Schmidt RG, Daly JM, Hilland GA, Frank T, Kressel HY : Combined MR imaging and spectroscopy of bone and soft tissue tumors. J Comput Assist Tomogr 1990 ; 14 : 1-10
- 15) Redmond OM, Bell E, Stack JP, Dervan PA, Carney DN, Hurson B, Ennis JT : Tissue characterization and assessment of preoperative chemotherapeutic response in musculoskeletal tumors by *in vivo* ³¹P magnetic resonance spectroscopy. Magn Reson Med 1992 ; 27 : 226-237
- 16) Ross B, Helsper JT, Cox J, Young IR, Kempf R, Makepeace A, Pennock J : Osteosarcoma and other neoplasms of bone -magnetic resonance spectroscopy to monitor therapy. Arch Surg 1987 ; 122 : 1464-1469
- 17) 中島久弥, 別府諸兄, 南郷明德, 青木治人, 三好邦達, 今村恵子 : 骨肉腫の治療効果判定について—³¹P MRS を中心に—. 関東整災誌 1990 ; 21 : 329-335
- 18) Dewhirst MW, Sostman HD, Leopold KA, Charles HC, Moore D, Burn RA, Tucker JA,

- Mattelson JM, Oleson JR : Soft-tissue sarcomas : MR imaging and MR spectroscopy for prognosis and therapy monitoring. *Radiology* 1990 ; 174 : 847-853
- 19) Sostman HD, Prescott DM, Dewhirst MW, et al. : MR imaging and spectroscopy for prognostic evaluation in soft-tissue sarcomas. *Radiology* 1994 ; 190 : 269-275
- 20) 中島久弥, 別府諸兄, 南郷明德, 三好邦達, 高桑俊文, 今村恵子, 遠藤 賢, 石川 徹. 骨・軟部腫瘍に対する磁気共鳴スペクトロスコピー (MRS) の応用. 別冊整形外科 No. 17 「骨・軟部悪性腫瘍」. 東京 : 南江堂, 1990 ; 26-31
- 21) Imamura K, Ashida H, Nakajima H, Takagi M, Ohashi K, Saeki M, Fukui A, Endo M, Ishikawa T : Reproducibility of magnetic resonance spectroscopy in patients undergoing dialysis and evaluation of the therapeutic response of tumors. *Invest Radiol* 1994 ; 29 : 758-765
- 22) 北川あず真, 佐伯光明, 今村恵子, 大橋健二郎, 石川 徹, 中島久弥, 高木正之 : 骨, 軟部病変のリンMR Spectroscopy. *日医放会誌* 1995 ; 55 : 1017-1024
- 23) 上谷雅孝, 沖本智昭, 林 邦昭, 犬塚理子, 津田暢夫 : 軟部腫瘍, 線維性腫瘍, 線維組織球性腫瘍, 脂肪性腫瘍の画像と病理像. 特集 : 骨・軟部腫瘍の画像と病理. *日獨医報* 1998 ; 43 : 97-108
- 24) 石川 徹監修, 今村恵子, 佐伯光明編著. 生体磁気共鳴スペクトル・ライブラリ. 東京 : アイピーシー, 1996
- 25) Podo F, de Certaines JD : Magnetic resonance spectroscopy in cancer: Phospholipid, neutral lipid and lipoprotein metabolism and function. *Anticancer Res* 1996 ; 16 : 1305-1315
- 26) Aiken NR, Gillies RJ : Phosphomonoester metabolism as a function of cell proliferative status and exogenous precursors. *Anticancer Res* 1996 ; 16 : 1393-1397

³¹P MR Spectroscopy of Abdomen and Extremities

Keiko IMAMURA¹, Mitsuaki SAEKI¹, Azuma KITAGAWA¹, Mitsuya SATO², Hiroshi NARIMATSU², Hisaya NAKAJIMA³, Haruhisa NAGOSHI⁴, Toshifumi TAKAKUWA⁵, Tohru ISHIKAWA¹

¹Departments of Radiology, ³Orthopedicsurgery, ⁴Internal Medicine and ⁵Pathology, St. Marianna University School of Medicine
²Diagnostic Imaging Center, St. Marianna University Hospital
2-16-1 Sugao, Miyamae-ku, Kawasaki 216-8511

This review covers ³¹P MR spectroscopic (MRS) studies of liver, spleen, and extremity tumors with the emphasis on the following subjects ; (1) the metabolism and classification of cirrhotic livers which were conducted in relation to liver transplantation, (2) diagnosis of liver and spleen infiltration of lymphomas, (3) malignant-benign diagnosis of soft tissue tumors, and (4) therapy monitoring of malignant tumors of the liver and extremities. MRS having information of metabolism is expected to be clinical tool in those field. Also shown were cases which were investigated in our institute and for which MRS was found clinically useful. *In vivo* MRS software should be equipped with three dimensional volume selection sequences in order to measure signals just from the region-of-interest. Automatic procedure and ¹H-decoupling will be a key to the new step of clinical ³¹P MRS.