



Title	MRI・CTによるCryosurgery後の経時的検討II-動物実験-
Author(s)	磯田, 治夫
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1989, 49(12), p. 1499-1508
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19286
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

MRI・CTによる Cryosurgery 後の経時的検討 II

—動物実験—

浜松医科大学放射線医学教室 (主任：金子昌生教授)

磯田治夫

(平成元年4月21日受付)

Sequential MRI and CT Monitoring in Cryosurgery —An Experimental Study in Rats—

Haruo Isoda

Department of Radiology, Hamamatsu University School of Medicine

Research Code No. : 599.1

Key Words : Cryosurgery, MR imaging,
Computed tomography (CT), Tumor

Cryosurgery is one of treatments of cancer, such as carcinomas of the face, oral cavity, prostate, breast, rectum and liver. But the method of cryosurgery seemed to be not yet completely established. The most important problem in this procedure is to define the extent of the cryolesion. But the trial with MRI and CT has not been reported. The purpose of this study is to investigate whether the image diagnosis such as Magnetic Resonance (MR) and CT is useful for the determination of the region during and after cryosurgery.

The animal experiments were performed using 13 Wistar rats with inoculated Walker 256 cancer on both sides of femoral regions subcutaneously in the concentration of 1 million cells. After 7 days, cryosurgery was done by contacting for 15 sec with the absorbent cotton ball dipped in liquid nitrogen to the surface of right femoral tumor 3 to 6 times. The left side of tumor was intact. MRI was performed with a 0.1 Tesla ASAHI MR Mark-J and CT images were obtained using GE 9800. From the freezing to thawing, LF image (Low Flip Angle gradient echo image of Tr=100 msec, Te=18 msec, 60 degrees of flip angle) of MR and plain CT were taken every one minute. After thawing is over, SE image of Tr=1500 msec, Te=90 msec, IR images of Tr=1200 msec, Td=400 msec, and plain and contrast enhanced CT were carried out. Two and 7 days after cryosurgery, LF, SE and IR images of MR and CT with and without contrast medium were obtained with corresponding pathological examinations.

The frozen cryolesion was of no signal intensity on the LF MR image and hypodensity on plain CT. Identification of cryolesion became possible during the cryosurgery. The cryolesion immediately after thawing showed higher intensity on the SE and LF images and hypodensity on enhanced CT. Therefore, the extent of cryosurgery can be diagnosed easily by these methods during and immediately after cryosurgery. In the follow-up studies after cryosurgery, the histological changes such as necrosis or tissue reaction were well represented by MRI and enhanced CT, but insufficiently by plain CT.

From these experimental results, it may be concluded that MRI and CT are useful for monitoring the process of cryosurgery during and after the procedure.

I. 序 論

悪性腫瘍に対する治療法の一つである Cryosurgery (凍結手術) は、1961年 Cooper により液体窒素を用いた凍結装置が開発されて以来、良性病変および悪性腫瘍を対象として、皮膚科¹⁾、泌尿器科²⁾、口腔外科³⁾⁴⁾、耳鼻科⁵⁾、婦人科⁶⁾および外科^{7)~10)}等の領域で行われている。

Cryosurgery は、病変の凍結壊死を目的とするが、大きい病変や深部病変ではその凍結範囲を把握することは従来難しいとされてきた。凍結範囲の決定は治療効果の判定に重要である。

Cryosurgery によって生じた凍結部分(氷塊又は ice ball とも言う)の大きさを把握する方法としては、術者の経験による判断、thermocouple の組織内刺入による温度測定⁷⁾、組織 impedance の測定に基く凍結部位の予想¹¹⁾、又は、肝の Cryosurgery における超音波による氷塊の画像化¹²⁾¹³⁾などがある。しかし、Cryosurgery によってもたらされる凍結壊死過程の評価に果す MRI 又は CT の有用性に関する基礎的研究は成されていない。本研究では、担癌ラットを対象として、以下の基礎的研究を行い有用性を確認したので報告する。① Cryosurgery の術中及びその後の経過観察中における凍結壊死範囲の MRI 及び CT による可視化、② MRI 像と CT 像の比較、③凍結壊死効果に関するこれらの画像と病理組織像の対比

II. 材料及び方法

Wistar 雄ラット(5週齢)13匹を対象として、両側大腿外側皮下に乳癌由来の Walker 256癌(1×10^6 cells/0.1ml)を移植した。腫瘍径が約1.5cm となった7日前後に、右大腿に発育した腫瘍に Cryosurgery を施行した。9匹には凍結から解凍の過程を MRI の LF 像(後述)にて1分ごとに観察した後、解凍後の SE 像、IR 像を得る MRI 検査を施行した。更に、MRI 及び CT 検査と病理組織学的検討を、5匹では2日後、4匹には7日後に行なった。又、残り4匹を対象として、Cryosurgery 術中の凍結から解凍に至る過程を1分ごとに経時的に CT で観察した。

Cryosurgery は、腫瘍に液体窒素を浸した約 $2.5 \times 2.5 \times 1$ cm の脱脂綿を約15秒間押しつける

ことを、腫瘍の大きさに準じて連続的に3回から6回行った。その間、右大腿は持続的に凍結していた。

MRI 撮影装置として、0.1T 常電導 ASAHI MR Mark-J を用いた。受信コイルは長さ10cm・径6cm の動物用のものを使用し、FOV(Field of View)は16.5cm または22.5cm とした。術中の凍結から解凍までの観察には、凍結部分を中心とする1横断面を、 $Tr=100$ msec, $Te=18$ msec, flip angle 60° , gradient echo で信号収集をする low flip angle gradient echo 法による像(LF 像と略す。マトリックス; 128×256 。2回の信号収集に要する時間; 25.6秒)を1分ごとに撮影し、更に、凍結部位の信号強度を無処置の腫瘍の信号強度と比較した以下のコントラスト比(M.R. Fisher らの用いている % contrast¹⁴⁾を修正)で信号強度の経時的変化をみた。

コントラスト比 = I_a/I_b (I_a ; Cryosurgery を受けた腫瘍の信号強度、 I_b ; 無処置の腫瘍の信号強度)

Cryosurgery 直後・2日後・7日後については multislice 法を用いて $Tr=1,500$ msec, $Te=90$ msec の SE 像および $Tr=1,200$ msec, $Td=400$ msec の IR 法にて5横断面を得た。MRI のスライス厚はそれぞれ5mm とした。

CT 装置は GE 社製 CT9800 で、条件は120kv, 100mA, スライス厚は5mm とした。CT による Cryosurgery 中の凍結から解凍までの観察には1分ごとに、凍結部分を中心とした1横断面の単純 CT を行なった。術終了直後、2日後及び7日後については単純 CT 及び可能な場合には尾静脈よりイオパミロン1ml を注入して造影 CT を行なった。

また、Cryosurgery, MRI および CT 検査は、ネブタールのラット腹腔内注入による麻酔下に施行した。

III. 結 果

1. 担癌ラットの Cryosurgery 施行中及び直後の MRI 像

液体窒素を浸した脱脂綿をラット右大腿に押しつけた直後にできた氷塊は、9匹全例共 LF 像で

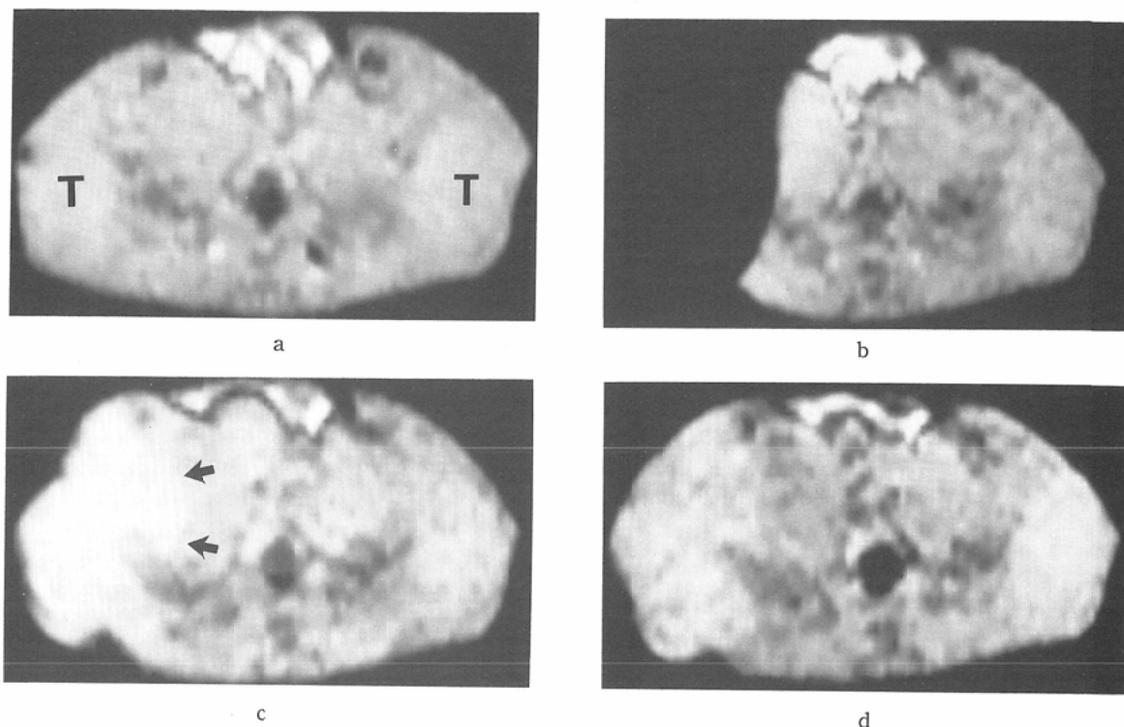


Fig. 1 The LF images of MR from the beginning of freezing to the end of thawing. (a) Before cryosurgery, tumors (T) at bilateral thighs had relatively higher intensity than surrounding normal tissues. (b) 1 min after freezing, the cryolesion at right thigh showed no signal and surrounding areas appeared higher signal intensity caused by low temperature. (c) 35min after freezing, high signal area (arrow) was present in accordance with the region of thawing. (d) 55min after freezing, the higher intensity was still noted.

無信号領域として観察され、その後、解凍が進むと氷塊の周辺から発生し始めた信号は徐々に増強し範囲が広くなり無信号領域は消失した (Fig. 1a, b, c, d)。この時、凍結したラットの腫瘍および正常組織の信号強度は解凍するにつれて連続的に増加するように見え、さらに周囲の信号強度より一時的に強くなった (Fig. 1c)。4匹のラットについて右大腿腫瘍部分の信号強度を反対側の腫瘍と比したコントラスト比の経時変化を Fig. 2 に示す。解凍直後、この部位は無処置部分と比較して信号強度が約20%増加した。また、Cryosurgery 施行直後に凍結部位周囲の非凍結領域に高信号領域が生じた (Fig. 1b) が、約30分後には消失した。

解凍直後、Cryosurgery を受けた右側と受けな

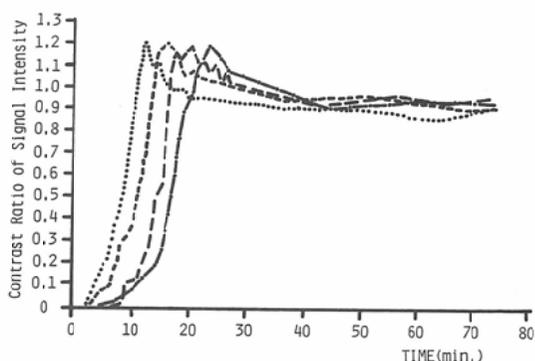


Fig. 2 The relationship was shown between contrast ratio of signal intensity on LF images and the time from freezing to thawing compared with the intact tumor using 4 rats. Immediately after thawing, signal intensity was elevated for a while due to low temperature.

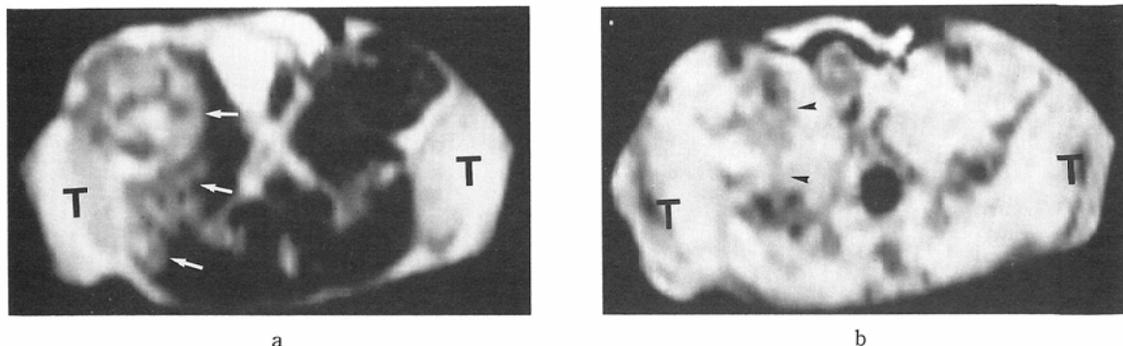


Fig. 3 The MR images immediately after thawing are shown. (a) Signal intensity of tumor (T) was almost no change. But the surrounding muscle (arrow) showed high signal on SE (1,500/90) and this area corresponded to the cryolesion shown in Fig. 1b. (b) The right thigh showed low intensity (arrow head) on the IR (1,200/400) image.

い左側の腫瘍部分の信号強度はSE像 (Fig. 3a), IR像 (Fig. 3b) 及びLF像 (Fig. 1d)とも差が無かった。しかし、筋肉はCryosurgeryを受けた部分はSE像 (Fig. 3a), LF像 (Fig. 1d)で高信号領域として認められ、Cryosurgeryによる凍結範囲 (Fig. 1b)とよく一致していた。IR像ではこの部位に一致してわずかに低信号領域が認められた。また、解凍した部分は無処置の部分より腫脹していた。

2. 担癌ラットの Cryosurgery 施行中および直後のCT像

Cryosurgeryにより右大腿に生じた氷塊は、単純CTで、CT値が -20HU 前後のlow density areaとして認められ、凍結していない正常な部分と明瞭に区別できた (Fig. 4b)。また、解凍が進むにつれてラットのからだの内側からlow density areaが消失していくことを認めた。解凍直後、単純CTでは、解凍部分のCT値は無処置の部分と差がなかった (Fig. 4c)。一方、造影CT (2匹に施行)では、無処置の組織は増強効果を受けたが、Cryosurgeryを受けた部位は全く造影されずlow density areaの状態であり、術直後にもCryosurgeryを受けた範囲の認識が可能であった (Fig. 4d)。

3. 担癌ラットの Cryosurgery 施行後の組織像

Cryosurgery 施行2日後では外側から凝固壊

死、腫瘍細胞の壊死、筋肉の壊死、細く帯状に広がる炎症性細胞と肉芽、変性した筋肉、正常な筋肉が認められた (Fig. 5)。7日後では壊死の占める割合が減少した (Fig. 6)。

4. 担癌ラットの Cryosurgery 施行後のMRI像

Cryosurgery 施行2日後、7日後のMRI像をFig. 7a, b, 8a, bに示す。

無処置の腫瘍はSE像では周囲の正常筋組織よりも高信号であり (Fig. 7a, 8a)、明瞭に存在場所が把握できたが、IR像では十分なコントラストを得ることができなかった (Fig. 7b, Fig. 8b)。

Cryosurgery直後のMRIでは凍結・解凍を受けた腫瘍と無処置の腫瘍との信号強度差はほとんどなかった (Fig. 3)。その後生じた壊死巣 (腫瘍と周囲筋肉を含む)は術施行2日後のSE像で無処置の腫瘍とはほぼ同程度の高信号 (Fig. 7a)、7日後で信号強度が低下する傾向があり (Fig. 8a)、無処置の腫瘍と区別が付きやすくなった。

右大腿の壊死周囲の筋肉の信号強度を左側の筋肉のそれと比較するとCryosurgery施行直後よりLF像, SE像にて高信号, IR像では低信号の領域として描出された。

壊死部分と正常筋肉の間のできる炎症組織や肉芽組織の区別はできなかった。また、腫瘍と周囲筋肉の壊死巣は2日後よりも7日後に縮小する傾

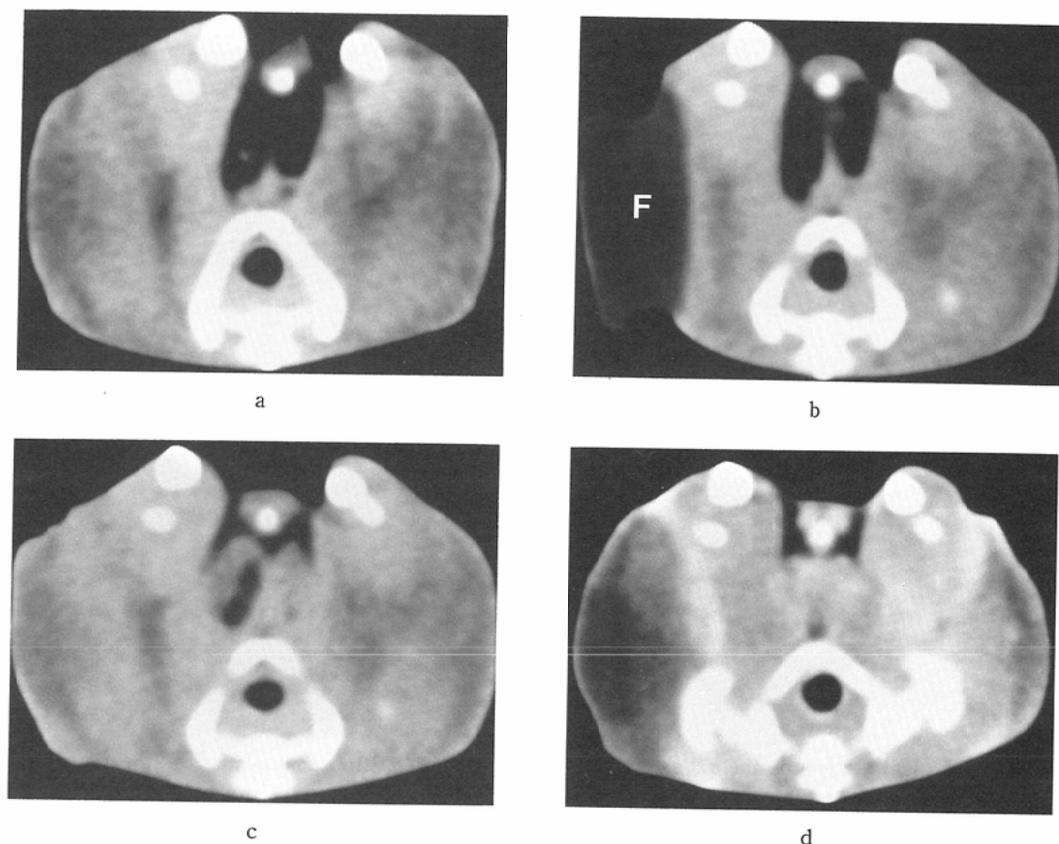


Fig. 4 CT images from the beginning of freezing to the end of thawing were shown. (a) plain CT before freezing (b) The cryolesion (F) at right thigh appeared hypodensity area on the plain CT 1 min after freezing. (c) The frozen area was not recognized on the plain CT immediately after thawing. (d) The postcontrast CT image immediately after thawing showed that the cryolesion had no contrast enhancement because of the destruction of the circulation caused by cryosurgery.

向があるが、2日後に検査をした5匹についてはCryosurgery 施行時にできた氷塊の大きさとほぼ同じ大きさであった。

5. 担癌ラットのCryosurgery 施行後のCT像

Cryosurgery 2日後および7日後の単純CTおよび造影CTはFig. 7c・d, Fig. 8c・dに示す如くであった。

本実験に用いた腫瘍は単純・造影CTともに周囲の正常筋肉とほぼ同じdensityを示し、コントラストが不十分であった (Fig. 8c, d)。

Cryosurgery 直後において凍結・解凍を受けた腫瘍部分と無処置の腫瘍は単純CTでほぼ同じ

densityのため区別がつかなかった (Fig. 4c)。しかし、造影CTでは前者は造影されないが、後者は造影効果を受けるため明瞭に区別がついた (Fig. 4d)。術後2日では壊死部分のCT値が低下するため壊死部分と非壊死部分の区別がついた (Fig. 7c, d)。術後7日では壊死部と非壊死部は単純CTで区別しにくい (Fig. 8c) が、壊死部は造影効果を受けないため、造影される無処置部分と鑑別できた (Fig. 8d)。

壊死と筋肉および炎症組織・肉芽組織は単純CTで区別できない場合があったが、造影CTでは壊死領域以外が造影されるため、コントラスト

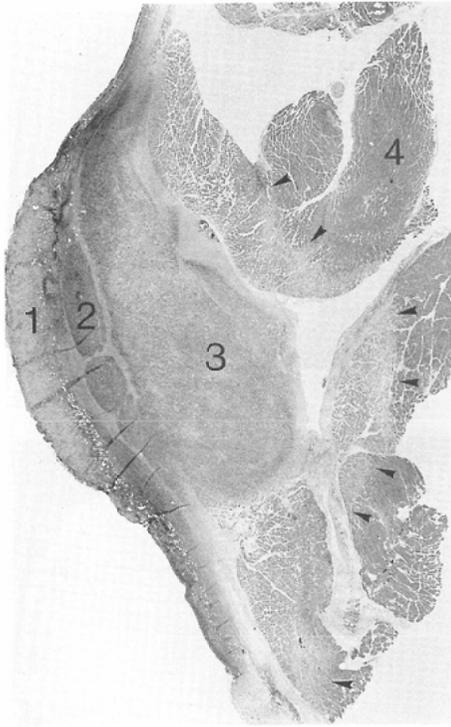


Fig. 5 Histological section of the rat's thigh 2 days after the cryosurgery
 1; coagulated necrosis, 2; necrotic cancer cells, 3; necrotic cancer cells and necrotic striated muscle with inflammatory cells, 4; striated muscle (Degeneration appeared near the granulation tissue), arrow head; granulation tissue with inflammatory cells

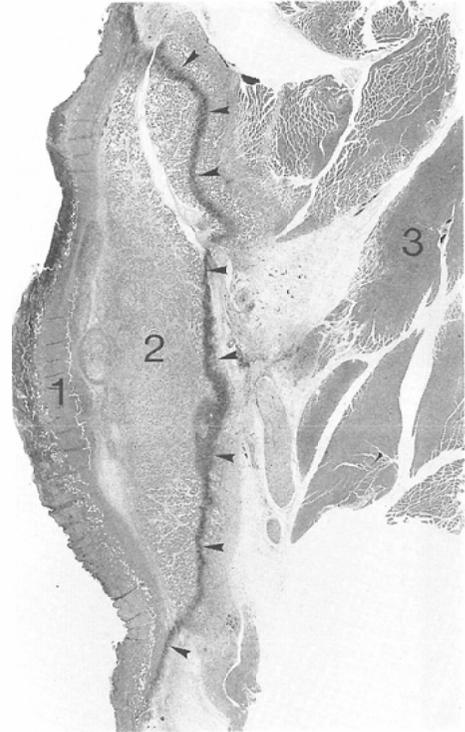


Fig. 6 Histological section of the rat's thigh 7 days after the cryosurgery
 1; coagulated necrosis, 2; mainly necrotic striated muscle, 3; striated muscle (Degeneration appeared near the granulation tissue), arrow head; granulation tissue containing many inflammatory cells

がついた。特に壊死周囲の炎症組織は良好に造影された (Fig. 7d, Fig. 8d)。

右大腿の壊死周囲の筋肉は左大腿筋肉と比較して術後2日・7日の単純CTでCT値が正常筋肉より低い、より強く造影される傾向があった。

IV. 考 察

Cryosurgeryは、1961年Cooperが凍結装置としてプローベ式ユニットを開発して以来、臨床に応用されるようになった。皮膚の悪性腫瘍や疣贅、前立腺癌、口腔内の血管腫・扁平苔癬・悪性腫瘍、顔面の悪性腫瘍、慢性子宮頸管炎や異形成、乳癌、内痔核などに適応があり、肝臓癌への実施も報告されている。

Cryosurgery 施行時に重要なことは、病巣を完

全に壊死に陥らせ、正常な組織を温存することである。Cryosurgeryでは凍結部位が肉眼的に把握しにくく、しかも凍結で生じた氷塊各部位で温度・凍結速度などの条件が異なるため、凍結した部位が全て壊死になるわけではないとされている。したがって、Cryosurgeryの効果によって後に壊死となる領域を術中に把握することは難しいが、できることが望ましい。Cryosurgeryの効果左右する因子として、凍結温度・凍結している時間・凍結の速さ・解凍の速さ・プローベの形・氷塊の大きさ・凍結と解凍の回数などがある¹⁵⁾¹⁶⁾。生体組織の凍結温度は約 -0.6°C である¹⁵⁾が、この温度ではたとえ凍結してもすべての細胞の壊死は起らない。組織または悪性腫瘍の感受性にもよるが全細胞を死滅させるには $-10\sim-90^{\circ}\text{C}$ の温度が

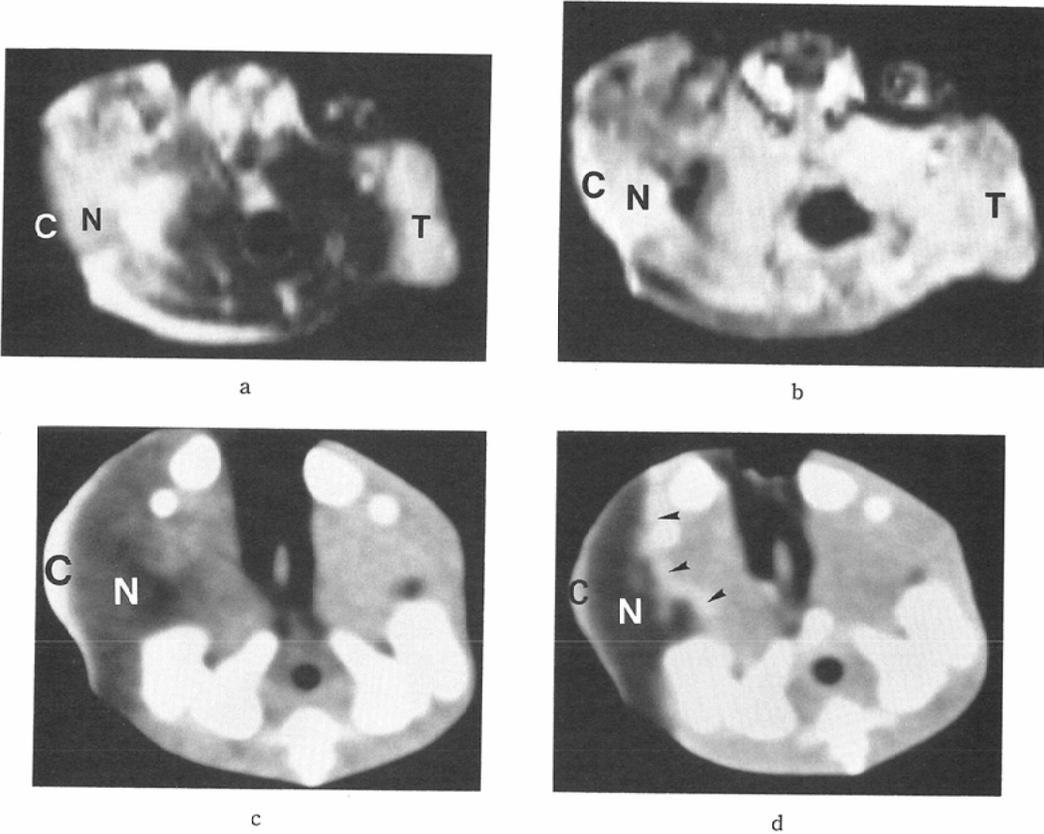


Fig. 7 MRI and CT images 2 days after cryosurgery are shown. (a) The cryonecrosis (N) had high intensity on the SE (1,500/90) image. (b) The necrotic portion showed isointensity on the IR (1,200/400) image. (c) The cryonecrosis (N) was slightly low in density on the plain CT. But it is difficult to make a definite border between the cryonecrosis and surrounding tissues. (d) The cryonecrosis (N) was hypodensity and it was well delineated because the inner part of inflammation appeared as a band-like high density on the postcontrast CT image. N; cryonecrosis, T; tumor, C; coagulated necrosis, arrow head; inflammatory tissue

必要とされる¹⁷⁾。従って thermocouple を組織に刺入して病巣が一定温度以下になったことを確認しながら術を施行する方法も報告されている⁷⁾。しかし、これは侵襲的であり、また、氷塊内部の温度勾配が大きいため誤差がある。一方氷塊の大きさに注目すると他の条件を一定にすれば、ある組織に施行された Cryosurgery によって生じた氷塊内の温度分布はほぼ同じと考えられる。実際に組織変化の生じる領域はこれよりも小さくなると考えられるが、氷塊の大きさが把握できれば術

後の組織変化の及ぶ範囲が推定されると思われる。

MRI によるファントム実験で、凍結部位は LF 像で無信号となったが¹⁸⁾、担癌ラットを対象とした本研究においても、Cryosurgery による凍結部分は無信号領域として把握することが可能であった。次に、凍結開始直後に氷塊に面した部分の信号強度が増加した (Fig. 1c)。また、ラットの凍結部位が解凍し始めた直後一過性にこの信号強度が20%増加した (Fig. 2)。これは温度低下によ

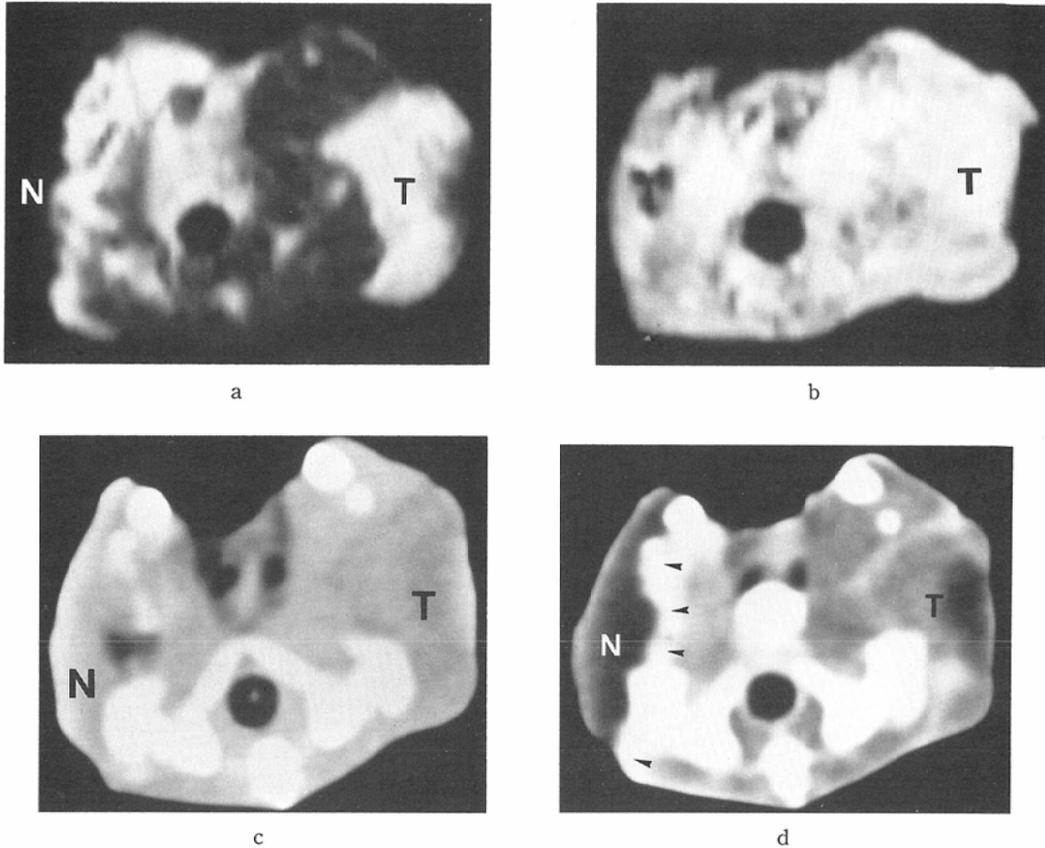


Fig. 8 MRI and CT images 7 days after cryosurgery are shown. (a) The cryonecrosis (N) had low intensity and the intact tumor (T) showed a mass of high intensity on the SE (1,500/90) images. (b) The necrotic area was not remarkable on the IR (1,200/400) images. (c) The cryonecrosis (N) was not differentiated from the surrounding tissue on the plain CT. (d) The CT image with contrast medium showed that the cryonecrosis (N) was readily recognized as a hypodensity area with surrounding inflammatory tissue of high density. arrow head; inflammatory tissue

る T_1 , T_2 値の短縮で説明できる¹⁸⁾。信号強度の増加率は生理的溫度の T_1 , T_2 値と溫度低下時における T_1 , T_2 値によっても異なると思われる。

解凍直後では Cryosurgery を施行された腫瘍部分は LF 像および SE 像で信号強度の変化はなかった。しかし、腫瘍周囲の凍結された筋肉は高信号領域として認められ、正常筋組織と区別された。この高信号領域は術後の組織損傷のため、緩和時間及びプロトン密度の増加があると考えられた。5匹のラットについて、Cryosurgery 術中および術直後に MRI で凍結部分と推定された領域

は2日後の病理組織で壊死と確認された領域とほぼ一致した。従って術中、術直後に凍結部位を把握すれば Cryosurgery の効果領域も推定できると思われた。

Cryosurgery 後の経過観察では MRI は各組織の水分含量の差及びその経時の変化を反映して組織のコントラストがついた。MRI では壊死周囲の炎症組織・肉芽組織を壊死組織と識別できなかったが、造影 CT で前者は豊富な血流を反映して良好に造影され、これらは区別された。この点に関して MRI でも造影剤の Gd-DTPA を使用すれば

識別が可能になると推察される。

X線CTではファントム実験¹⁸⁾と同様に担動物の凍結部分は密度低下のために低吸収領域となった。解凍直後は、単純CTで、凍結部位が認識できなかった(Fig. 4c)が、これは非凍結部分との密度差がなくなるためと思われた。しかし、Cryosurgeryを受けた部分は造影剤による増強効果を受けなかった。これは凍結によって生じた血管を含む組織の損傷により血流がとだえるためと考えられた(Fig. 4d)。Cryosurgery後の経過観察のCTではCT値の変化及び造影剤による増強効果の有無によって各組織のコントラストがついた。

過去、Cryosurgeryの術中、術後の経過観察の手段としてMRIやX線CTを用いた報告は全くないが、Cryosurgery術中の氷塊を超音波を用いて画像化する研究はG. Onikらによりなされている¹²⁾¹³⁾。これは、開腹下で肝腫瘍にCryosurgeryを施行し、超音波検査すると氷塊は高輝度領域となり、解凍直後は術を受けた正常肝は低輝度に、腫瘍は凍結前後で変化しないためCryosurgeryを受けた部位と腫瘍の境界が認識できるというものである。彼らと著者の行った研究は対象臓器ならびに腫瘍が異なるため単純な比較はできない。しかし、OnikらはCryosurgery後の経時的変化を評価していないが、著者は経時的観察を行いCryosurgeryによって生じた氷塊と壊死に陥った領域がほぼ一致することを示した。したがって、術中ならびに術直後にMRI又はCTで凍結部位が把握できれば、その後、壊死の生じる領域が推定できることが分った。

V. 結 論

Walker 256癌が移植されたWistar ratの大腿部腫瘍に施行されたCryosurgeryの効果をMRI, CTで検討した結果、以下の結論を得た。

1. Cryosurgery施行中に生じた凍結部分はMRIで無信号領域、CTで低吸収域として描出され、術中にCryosurgeryのおよぶ範囲が把握できた。

2. 解凍直後は腫瘍周囲のCryosurgeryを受けた筋肉がMRIのLF像、SE像で正常筋肉よりも

高信号領域として、造影CTでは凍結された腫瘍及び周囲筋肉が造影効果を受けない領域として描出され、凍結範囲の把握が可能であった。

3. 術後の経過観察で、組織変化は単純CTでは不十分であったが、MRIおよび造影CTで良好に描出された。

4. Cryosurgery術中・術後の経過観察の手段としてMRIと造影CTは有用と考えられた。

稿を終るにあたり、御助言を頂きました東芝中央病院放射線科真野 勇先生、MRI撮影装置を快く使用させて頂きました聖隷浜松病院院長中山耕作先生ならびに御協力頂きました放射線部の皆様、コイルなどの提供を頂きました旭化成の方々へ厚くお礼申し上げます。また、御校閲、御助言を頂きました浜松医科大学放射線医学教室金子昌生教授、高橋元一郎助教授、高井通勝講師に心より感謝致します。

文 献

- 1) Zacarian SA: Cryosurgery effective for granuloma faciale. *Dermatol Surg Oncol* 11: 11-13, 1985
- 2) Kunit G: "Open perineal cryosurgery" in carcinoma of the prostate - A possible curative alternative-. *Urol Res* 14: 3-7, 1986
- 3) Loitz GA, O'leary JP: Erosive lichen planus of the tongue treated by cryosurgery. *J Oral Maxillofac Surg* 44: 580-582, 1986
- 4) 藤田邦夫, 島田桂吉: 口腔外科領域における凍結手術の評価, *低温医学*, 11: 102-105, 1985
- 5) 法貴 昭, 増田基子, 山邊けい子: 耳鼻咽喉科領域におけるCryosurgeryの適応と禁忌, *Cryosurgery 研究会誌*, 8(9): 94-96, 1984
- 6) Schantz A, Thormann L: Cryosurgery for dysplasia of the uterine ectocervix: A randomized study of the efficacy of the single- and double-freeze techniques. *Acta Obstet Gynecol Scand* 63: 417-420, 1984
- 7) 蔵本新太郎: 肝腫瘍に対する凍結療法, *臨床外科*, 34: 261-264, 1979
- 8) 上原孝一郎, 八重樫寛治, 宇都宮譲治: 肝臓凍結手術後五年生存を得た2例, *Cryosurgery 研究会誌*, 8(9): 57-59, 1984
- 9) 亀谷壽彦, 蔵本新太郎: 肝腫瘍の凍結療法, *外科治療*, 47: 247-252, 1982
- 10) 山本康久, 佐野開三, 堀谷喜公, 他: 自験例よりみたCryosurgeryの適応について, *Cryosurgery 研究会誌*, 8(9): 1-4, 1984
- 11) Le Pivert P: Predictability of cryonecrosis by tissue impedancemetry. *Low Temp Med* 4: 17

- 26, 1978
- 12) Onik G, Gilbert J, Hoddick W, et al: Sonographic monitoring of hepatic cryosurgery in an experimental animal model. *AJR* 144: 1043—1047, 1985
- 13) Onik G, Kane R, Steele G, et al: Monitoring hepatic cryosurgery with sonography. *AJR* 147: 665—669, 1986
- 14) Fisher MR, Hricak H, Crooks LE: Urinary bladder MR imaging. *Radiology* 157: 467—470, 1985
- 15) Roenigk RK: Cutaneous cryosurgery. *Minn Med* 67: 617—621, 1984
- 16) Orpwood RD: Biophysical and engineering aspects of cryosurgery. *Phys Med Biol* 26: 555—575, 1981
- 17) 蔵本新太郎: 凍結手術の応用, *外科治療*, 41: 552—556, 1979
- 18) 磯田治夫: MRI・CTによるCryosurgery後の経時的検討 I—ファントム実験—, *日本医放会誌*, 49: 1096—1101, 1989
-