



Title	深部腫瘍に対するRF誘電加温療法の臨床的研究:第1報 : 温度測定に関する研究
Author(s)	平岡, 真寛; 徐, 志堅; 芥田, 敬三 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1985, 45(9), p. 1245-1252
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15559
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

深部腫瘍に対する RF 誘電加温療法の臨床的研究：

第1報：温度測定に関する研究

京都大学医学部放射線医学教室

平岡 真寛 徐 志堅 芥田 敬三
筒井 一成 高橋 正治 阿部 光幸

（昭和60年4月8日受付）

（昭和60年5月27日最終原稿受付）

Clinical Studies on Radiofrequency Capacitive Hyperthermia for Deep-seated Tumors

Part I. Studies on Thermometry

Masahiro Hiraoka, Shiken Jo, Keizo Akuta, Kazushige Tsutsui,
Masaji Takahashi and Mitsuyuki Abe

Department of Radiology, Faculty of Medicine, Kyoto University

Research Code No. : 600.9

Key Words : Hyperthermia, Radiofrequency capacitive heating,
Deep-seated tumor, Thermometry, Clinical study

Regional hyperthermia was delivered to 32 deep-seated tumors in thoraco-abdomino-pelvic regions employing an 8 or a 13.56 MHz RF capacitive heating equipment of our design. Tumor center temperatures were continuously measured in 154 treatments to the 32 tumors by thermocouples inserted into tumors through angi catheters, while thermal distributions within tumors and surrounding normal tissues were obtained in 135 treatments for 28 tumors by moving thermocouples. Thermometry results obtained were summarized as follows. (1) The mode of maximum tumor center temperature over 43°C and 42—43°C were obtained in 12 (37%) and 10 (31%) tumors respectively. Large tumors over 10 cm in diameter or tumors underlying thin subcutaneous fat less than 15 mm in thickness were heated easily up to 42°C in the tumor center. As regards anatomical sites, tumors in the colorectum and thorax were heated best, followed by tumors in the liver and stomach and tumors in the pancreas were heated least. (2) Selective tumor heating was obtained in 21 (75%) tumors out of 28 tumors, while excessive heating of the subcutaneous fat was observed in 5 (23%) tumors out of 22 tumors in which temperatures of subcutaneous fat beneath an electrode were measured. Tumor temperature varied within 2°C in 21 (84%) tumors and 2—4°C in 4 (16%) tumors out of 25 tumors. (3) The most common adverse effect was local pain which was observed in 21 (66%) patients and was most serious limiting factor for RF power elevation.

These thermometry results indicate that RF capacitive heating equipments developed by us are useful to heat large tumors with less subcutaneous fat in thoraco-abdomino-pelvic regions.

I. 緒 言

数多くの生物基礎実験において、加温単独治療

あるいは放射線、化学療法と加温の併用治療が癌

の有力な治療手段になりうることが示されたこと

により、近年加温療法は癌に対する新しい治療法として注目されている。加温の行ないやすい表在性腫瘍については、多くの施設で臨床応用が試みられ、加温と放射線の併用治療では優れた腫瘍制御効果が明らかにされている^{1)~3)}。一方、深部腫瘍に対する臨床応用は未だきわめて限られたものであるが、その主たる原因は深部加温装置の開発が不十分なことである。我々は1979年より深部腫瘍の加温を目的としたRF誘電加温装置の開発に着手し、まず13.56MHzの加温装置を、次いで8MHzの加温装置を開発した⁴⁾⁵⁾。表在性腫瘍の臨床治験において本装置の優れた温度分布特性、臨床効果が示されたため⁶⁾、胸、腹、骨盤部の深部腫瘍に対しても臨床応用を行なった。

今回、開発したRF誘電加温装置による深部加温の有効性について、腫瘍および周囲正常組織内温度分布の面から検討したので報告する。

II. 対 象

1981年10月より1984年9月までに、京都大学附属病院放射線科でRF誘電加温装置を用いて加温治療を行なった31患者における32例の深部腫瘍を対象とした。年齢は37歳から82歳、男性26例、女性5例であり、治療部位は、肝13例、肺、大腸(直腸を含む)各5例、肺、腹部各3例、胃2例、坐骨1例であった。そのうち大腸癌の肝転移1例、胃癌、腎癌、子宮癌の腹部転移各1例の計4例以外はすべて原発巣であった。肺癌の3例はいずれも胸壁に浸潤、あるいは接した腫瘍であった。治療前にCT検査を行ない、平均腫瘍直径及び対電極のうち小さい方の電極の置かれた皮下脂肪層の最大厚さを測定した。平均腫瘍直径は5cm以下4例、5~10cm、20例、10cm以上8例と主に大きな病変であった。一方、皮下脂肪層は5mm以下2例、5~10mm、10例、10~15mm、13例、15~20mm、5例、20mm以上2例であった。

III. 方 法

1. 加温装置

周波数13.56MHz及び8MHzの2種類のRF誘電加温装置を用いて、領域的な加温を行なった。最大出力は前者が600W、後者が1,500Wである。いずれも、加温目的部位を相対する平板電極では

さみ、その電極間に高周波を負荷して、組織内に生ずるジュール熱で加温する誘電加温がその基本原理である。13.56MHz RF装置を胸部2例のみに用い、他の30例には、8MHz RF装置(Thermotron RF-8)を用いた。Thermotron RF-8では1対の電極板が治療台を取りまくガントリー内に互いに平行に配置されており、病変の部位に応じて種々の方向から患者をはさむことが可能である。また、10, 14, 18, 21, 25cmと5種類の大きさの円形アリケータが用意されているが、CTで示される病巣の深さ、大きさ、患者の体厚を考慮して電極の選択を行なった。電極と皮膚面の電気的な密着性を良くするために、電極の前面をビニールで袋状におおい、その内部を0.3%塩化ナトリウム溶液で灌流させた。0.3%という濃度は8MHzの周波数で筋肉と電気的にほぼ当値であることにより決められたものである。パッド内の灌流水の温度はそれぞれ恒温槽によって調節されている。皮膚、皮下脂肪の過熱を避けるために通常はその温度を5~10°Cに保ったが、皮膚近傍まで浸潤した病変に対しては病変側のパッド内温度を30~40°Cに調節した。

2. 温度測定法

21ゲージエラスター針(長さ15cm)、あるいは19ゲージVAG針(長さ13, 20cm)を腫瘍内に刺入し、これらの外套針をガイドチューブとしてテフロン被覆熱電対温度計(米国ベイリー社製IT-18)を組織内に入れ、温度を測定した。ガイドチューブは多くの場合、超音波あるいは透視下でなるべく腫瘍の最深部まで、できれば腫瘍を貫通して周囲正常組織内まで刺入するようにした。

針の刺入に手間がかかること、刺入後直ちに加温を行なうと刺入部に疼痛を訴えがちなこと、得られた温度分布と腫瘍の位置関係を明らかにする必要があることより、ガイドチューブの刺入は加温治療開始の数日前に行ない、治療期間中は極力留置するようにした。その際、留置するチューブ内に血液や浸出液が入り込み、内腔を閉塞させるのを防ぐために、チューブ内にテフロン製の内套を挿入しておいた。超音波や透視下での経皮的なチューブ刺入が困難であった5例(肺癌4例、大

腸癌 1 例)では、手術下で直接 19 ゲージ VAG 針を腫瘍内に刺入し、その外套針を腫瘍部、腹壁で固定した。刺入したチューブの位置は、CT、超音波、あるいは直交二門フィルムで確認した。

加温中は腫瘍中心部の温度を経時に測定し、加温中および加温終了直後に温度計を移動させ、腫瘍及び周囲正常組織内の温度分布を測定した。

入手の容易さ、安価であることにより熱電対温度計を用いた。本温度計は電磁界内で影響を受けたり、また影響を及ぼしたりするために、電磁界中の正確な温度測定が従来困難とされていた。そのため、テフロン被覆の温度計を用いて電磁界への影響を少なくするとともに当初は RF を切断した後に測温を行ない電磁界からの影響を避けた。8MHz RF 加温装置は測定回路内に高周波フィルターを入れることにより、±0.2°C の精度で加温中の温度測定が行なえた。

3. 加温治療および併用治療

加温治療は週 2 回あるいは週 1 回の分割で 1 回 40~60 分間の治療を計 1~12 回行なった。加温温度は最初腫瘍中心部の温度を大きな殺細胞効果が期待できる 43°C 以上にすることを目標としていたが、温度分布を測定し始めてからは、腫瘍内最低温度が治療効果と相関するという生物実験結果⁷⁾を参考にして、腫瘍辺縁部の温度を 42°C 以上とするようにした。

加温中は血圧連続監視装置（日本コーリン社製 BP-103N）を用いて 5 分間隔で血圧、脈拍数をモニターするとともに、直腸温の測定を一部の症例で行なった。

32 例中、肝癌の 11 例は加温単独で治療を行なったが、19 例は放射線治療を、2 例は化学療法を併用した。

IV. 結 果

32 例の深部腫瘍において計 154 回の温度測定を行なった。そのすべてで腫瘍中心部の温度を経時に測定したが、28 例の計 135 回の測定では、温度計を移動させて腫瘍内および周囲正常組織内の温度分布をあわせて測定した。

1. 腫瘍中心部の温度測定結果

腫瘍中心部の最大温度別に 154 回の測定結果を

Table 1 Distribution of hyperthermic treatment according to maximum tumor center temperature

Maximum tumor center temperature (°C)	No. of treatments (%)
Below 41	25 (16)
41~42	23 (15)
42~43	37 (24)
Over 43	69 (45)
Total	154

Table 2 Distribution of hyperthermic treatment according to time required for attaining maximum tumor center temperature

Maximum tumor center temperature (°C)	Time (minute)			
	Below 10	10~20	20~30	Over 30
41~42	1	9	3	5
42~43	3	15	11	8
Over 43	19	33	12	5

示したのが Table 1 である。43°C 以上の温度上昇が得られたのは 69 回 (45%)、42~43°C、41~42°C の温度上昇は各 37 回 (24%)、23 回 (15%)、42°C 以下の温度上昇しか得られなかつた測定回数は 25 回 (16%) であった。43°C 以上の加温が行なえなかつた原因是、85 回の測定中 66 回が電極密着部、あるいは周囲の皮膚の疼痛であり、19 回は全身症状によるものであった。

41°C 以上の温度上昇が得られた 129 回の加温治療を、各 41°C、42°C、43°C までの温度上昇に要した時間別に示したのが Table 2 である。41~42°C、42~43°C の温度上昇群では、その温度に達するのに 10~30 分を要するものがそれぞれ全体の 74%、70% と多く、一方、43°C 以上の温度上昇群では 20 分以内のものが全体の 75% と短い時間で温度上昇が得られた。

32 例の各腫瘍において得られた中心温度の最頻値を示したのが Table 3 である。43°C 以上、12 例 (37%)、42~43°C、10 例 (31%)、41~42°C、5 例 (16%)、41°C 以下は 5 例 (16%) であった。

Table 4~6 は腫瘍内最大温度と治療部位、腫瘍の大きさ、皮下脂肪層の厚さとの関係を示したもの

のである。43℃以上の加温は大腸で最も高率に行なえ、次いで腹部、胸部であった。42℃以上の加温は胃、肝においても高率に行なえた。一方、肺

の加温は41℃以下が5例中3例と不良であった。CTで求めた平均腫瘍直径との関係では、43℃以上の加温が行なえたのは5cm以下、0%，5~10cm、35%，10cm以上62.5%であり、腫瘍が大きいほど中央部の温度上昇が得られ易いことが示された(Table 5)。皮下脂肪層の厚さとの関係については、42℃以上の加温が行なえたのは、5mm以下、50%，5~10mm、70%，10~15mm、85%，15~20mm、40%，20mm以上、50%であり、15mm以下の厚さの場合に加温され易い傾向が示された(Table 6)。

Table 3 Distribution of tumor according to mode maximum tumor center temperature

Maximum tumor center temperature (°C)	No. of tumors (%)
Below 41	5 (16%)
41~42	5 (16%)
42~43	10 (31%)
Over 43	12 (37%)

Table 4 Correlation between mode maximum tumor center temperature and treatment site

Treatment site	No. of tumors	Maximum tumor center temperature (°C)			
		below 41	41~42	42~43	over 43
Liver	13	1 (8)	3 (23)	5 (38)	4 (31)
Pancreas	5	3 (60)		2 (40)	
Colorectum	5		1 (20)		4 (80)
Stomach	2			2 (100)	
Other abdomen	3	1 (33)			2 (67)
Thorax	3			1 (33)	2 (67)
Ischium	1		1 (100)		
Total	32	5	5	10	12

Table 5 Correlation between mode maximum tumor center temperature and mean tumor size

Tumor size (cm)	No. of tumors	Maximum tumor center temperature (°C)			
		below 41	41~42	42~43	over 43
Below 5	4	1 (25)	1 (25)	2 (50)	
5~10	20	3 (15)	3 (15)	7 (35)	7 (35)
Over 10	8	1 (12.5)	1 (12.5)	1 (12.5)	5 (62.5)
Total	32	5	5	10	12

Table 6 Correlation between mode maximum tumor center temperature and thickness of subcutaneous fat

Thickness of subcutaneous fat (mm)	No. of tumors	Maximum tumor center temperature (°C)			
		below 41	41~42	42~43	over 43
Below 5	2	1 (50)		1 (50)	
5~10	10	1 (10)	2 (20)	4 (40)	3 (30)
10~15	13		2 (15)	4 (31)	7 (54)
15~20	5	2 (40)	1 (20)	1 (20)	1 (20)
Over 20	2	1 (50)			1 (50)
Total	32	5	5	10	12

Table 7 Temperature variation in tumor

Temperature variation in tumor (°C)	Tumor center temperature (°C)	No. of treatments	No. of tumors
Below 2	Below 43	52	13
	Over 43	23	8
2~4	Below 43	1	1
	Over 43	25	3
Over 4	Below 43	0	0
	Over 43	1	0
Total		102	25

2. 腫瘍内および正常組織内温度分布測定結果

28例における計135回の測定では、加温中あるいは加温終了時にガイドチューブ内で温度計を移動させ、腫瘍内および周囲正常組織内の温度分布を測定した。

1) 腫瘍内温度分布測定

腫瘍の解剖的位置などにより、温度計を腫瘍深くまで挿入できなかった場合や、温度計と腫瘍との位置関係が十分把握できなかった場合を除いた25例、計102回の測定につき、加温終了時の腫瘍内温度差の最大値を治療回数別および症例別に示したのがTable 7である。この場合、症例別については最頻値を用いた。2°C以内の温度差が75回(74%)、21例(84%)と最も高率であったが、2~4°Cの温度差を示すものも26回(25%)、4例(16%)に認められた。4°C以上の温度差を示したのは1回(1%)のみであった。また、2°C以上の温度差が示されたのは、1回を除いてすべて最大中心温度が43°C以上に加温されたものであった。

2) 腫瘍の選択的加温

腫瘍と周囲正常組織の温度分布を測定できた28例、計111回の測定につき、腫瘍中心部と皮下脂肪を除く周囲正常組織との温度差を比較した。腫瘍部が正常組織よりも高く加温された選択的加温が80回(72%)の測定で得られ、21例(75%)については半数以上の治療で選択加温が得られた。

3) 皮下脂肪層の過熱

電極密着面の皮膚を通して温度計を腫瘍内に挿入し、電極面下の皮下脂肪層の温度測定が行なえた22例、計86回の測定につき、腫瘍中心部、周囲正常組織、皮下脂肪の各温度を比較したのが

Table 8 Comparison of temperature in tumor, normal tissue and subcutaneous fat

Temperature	No. of treatments (%)	No. of tumors (%)
T>NT>SF	47 (55)	11 (55)
NT>T>SF	1 (1)	
T>SF>NT	8 (9)	3 (14)
NT>SF>T	10 (12)	3 (14)
SF>T>NT	7 (8)	3 (14)
SF>NT>T	13 (15)	2 (9)
Total	86	22

T: Tumor, NT: Normal tissue, SF: Subcutaneous fat

Table 9 Increase in pulse rate after hyperthermia according to treatment site

Treatment site	No. of tumors	Increase in pulse rate (beats/min.)
Upper abdomen	20	20.3 ± 9.7
Pelvis	5	8.0 ± 2.3
Total	25	14.9

Table 8である。86回の測定中20回において皮下脂肪層が腫瘍中心部、周囲正常組織よりも高く加温された。22例中5例(23%)において皮下脂肪の温度が最も高い傾向が認められ、その皮下脂肪層の厚さは5~10mmが2例、15~20mmが3例、20mm以上が1例であった。

3. 副作用

1) 自覚症状

治療終了時、ほぼ全例に、中程度の発汗と疲労感を認めた。32例中21例(66%)において電極密着部に疼痛を自覚したが、全例、加温終了後すみやかに消失した。

2) 血圧、脈拍数の変化

加温前と終了時の血圧の変化は、最大血圧で1例を除き12以内、最低血圧は全例10以内と少なかった。最低血圧は加温治療で下がる傾向にあつたが、最高血圧は一定の傾向を示さなかった。脈拍数は全例増加し、その変化は5~36(脈拍数/分)、平均14.9(脈拍数/分)であった。上腹部と骨盤部の加温の比較では、前者の方が脈拍数の増加が著明であった(Table 9)。

V. 考 察

現在臨床応用されている深部腫瘍の局所加温法には、体外循環、温水灌流、集束超音波、マイク

ロ波, RF を用いたものが挙げられる。そのうち, RF 以外は適用部位が限られており, 深部加温法として最も期待されているのは, RF を用いた方法である。RF 加温法はその加温原理により, 誘導加温, 誘電加温, 電波加温の 3 つに分類され, それぞれ医療用加温装置が開発されている。そのうち, 誘導加温, 電波加温については深部腫瘍への臨床応用がなされ, 加温時の温度分布測定結果が報告されている。誘導加温は, 人体の周囲に置かれたコイルに高周波電流を流し, 生体内の各組織に生ずるうず電流で加温する方法である。本加温法では, 皮下脂肪層が加温されにくい利点があるが, 体表面近傍の発熱が多い欠点がある。当初, 本加温法の有用性を示す報告⁸⁾が出来たが, 最近では深部加温に否定的な報告⁹⁾¹⁰⁾が多い。そのため, 現在では RF 誘導加温の適用部位は胸, 腹壁などの比較的浅い病変に限られるとされている。

深部加温用の RF 加温装置として, 体の周囲に 16 門のアプリケーターを置き, 各アプリケーターより同期化した 60~80MHz の RF を照射して加温する装置 (Annular phased array system: 以下 APAS と略す) が米国で開発された。Sapozink らの報告¹¹⁾では本装置により 23 例中 13 例 (56%) に 43°C 以上の加温治療が 1 回以上行なえている。一方, Emami らの報告¹²⁾では深部加温に否定的であり, 42°C 以上の加温が 1/3 の症例にしか行なえていない。本加温装置の欠点はアプリケーターが大きいために, 加温域が広がり, 全身的な影響が大きいことである。そのため適用部位はこの影響の小さい骨盤, 四肢の病変などに限られる。

RF 誘電加温の深部腫瘍への臨床応用は比較的古く, 1976 年 LeVeen ら¹³⁾は肺癌, 大腸癌などを含む 21 例に RF 誘電加温を行ない, 2 例に腫瘍の消失が得られた事を報告している。しかしながら, その後の報告を含めていずれも腫瘍内温度の測定がきわめて不十分であり, RF 誘電加温による深部加温の有効性を温度測定結果の点から検討したのは本報告が最初と思われる。本研究では, 腫瘍中心部の温度を指標とした場合, 41°C 以上, 42°C 以上 43°C 以上の温度上昇が 32 例中, それぞれ 27 例 (86%), 22 例 (68%), 12 例 (37%) において得ら

れた。この成績は, 深部加温装置として唯一認められている APAS の成績に匹敵するものである。更に APAS と比べた場合の大きな利点は, 本装置では骨盤部に加えて胸部あるいは肝, 胃などの上腹部の病変にも適用可能であり, 適用範囲が広いことである。ところで, 目的温度まで速やかに加温することは, 全体の治療時間の短縮という実際的な面でも, あるいは熱耐性の出現を回避するという生物学的な面からも重要なことであるが, このことは今までほとんど検討されていなかった。本装置では腫瘍中心温度を 42°C, あるいは 43°C 以上に加温し得た治療の大部分において, 開始後 20 分以内に上昇させることができた。これらの結果は, われわれが開発した RF 誘電加温装置が現在利用できる深部加温装置のなかで最も優れたものの 1 つであることを示している。

一方, 本加温装置による深部加温の最も大きな問題点は, 腫瘍中心部温度, 43°C 以上に加温できなかった症例が全体の 63% に及んだことである。43°C 以上の加温が行なえた症例でも腫瘍内の温度差が大きく, 腫瘍の辺縁部では多くの場合 42°C 以下であった。生物学的には, 腫瘍内温度の中で最低温度が加温と放射線の併用治療の効果と最も相関し, その温度を 42.5°C 以上にする必要性が示されている⁷⁾。この条件を満たす加温治療が行なえたのはきわめて少數例であり, 本装置は未だ満足すべき深部加温装置とはなっていない。

次に, いかなる深部腫瘍が RF 誘電加温の適応となるかを明らかにするために, 腫瘍中心温度の上昇に関与する因子について検討した。皮下脂肪の過熱が RF 誘電加温の大きな欠点であると従来から言っていた¹⁴⁾が, 我々の測定結果でも表面冷却を行なったにもかかわらず, 皮下脂肪層の厚い患者ほど 43°C 以上の温度上昇が得られにくい傾向が示された。しかしながら, 皮下脂肪の最大厚さが 1.5cm 以下の患者で高率に 43°C 以上の加温が行なえたこと, 電極直下の皮下脂肪の温度測定が行なえた 22 例, 86 回の加温治療中皮下脂肪の過熱が認められたのが 5 例 (23%), 20 回 (23%) のみであった事実は, 皮下脂肪の過熱が RF 誘電加温の絶対的な制御因子とならず, 皮下脂肪の少な

い患者には十分適用しうることを示したものと考えられる。腫瘍径と温度との関係では、腫瘍径が大きいほど腫瘍中心部が加温され易い傾向が認められた。大きな腫瘍では中央壊死が生じ易く、そのため熱がうっ滯することがその理由と考えられる。しかしながら、大きな腫瘍では腫瘍内温度の勾配が大きく、最低温度が低いことが予想されるため、大きな腫瘍がRF誘電加温に適するかどうかは、今後より詳細な腫瘍内温度分布測定が必要と思われる。加温部位については、大腸、胸部、腹部の腫瘍が最も加温され易く、次いで肝、胃の順であり、肺は最も加温されにくかった。肺の加温が困難であった理由としては、その前方に存在する腸管ガスのためにRFが肺まで到達しにくうこと、近傍にある大血管により冷却され易いこと、また他の腫瘍に比べて比較的小さかったことなどが考えられる。

RF誘電加温による副作用に関しては、その主たるものは電極を密着させた皮膚の疼痛であった。その原因として皮下脂肪の過熱が考えられるが、胸部、上腹部の加温時には肋骨部位傍に疼痛を訴える場合があり、肋骨周辺に高温域が出現したことも原因の1つに考えられる。この疼痛が温度上昇を得る上で最も大きな制約となっているため、皮膚冷却法の改良、2対以上の電極による多門式加温の試み¹⁵⁾などを含めその対策が強く望まれる。血圧の変動は、最高、最低血圧ともに軽度であった。脈拍数の増加は全例で認められたが、APASに比べて軽度で加温上の制約となつたのは少数例であった。他に特記すべき副作用は認められておらず、本加温は安全な深部加温法と考えられる。

今後、深部腫瘍の加温治療と更に進めるためには、加温技術の開発、改良に加えて温度測定法の開発が重要と考えられる。現在行なわれている腫瘍に温度計を入れるという侵襲的な温度測定法では、超音波、透視を用いて経皮的な温度計刺入を行なえる症例が限られる上に、腫瘍に針を刺入することによる腫瘍の播種、出血などが危惧される。また刺入可能な温度計の数に限度があるため、腫瘍内の一部の温度と、ごく限られた周囲正常組織

の温度しか測定できない。そのため、基礎実験での重要性が示された腫瘍内最低温度の測定や、副作用の出現に関与すると予想される周囲正常組織内の高温部の同定が不可能である。空間的時間的に腫瘍と周囲正常組織の温度測定が可能な非侵襲性の温度測定方法の開発が今後の大きな課題である。

VI. 結 語

1. 我々の開発したRF誘電加温装置を用いて32例の深部腫瘍に計154回の加温治療を行ない、本加温装置の深部加温における有効性を温度測定結果より検討した。

2. 腫瘍中心温度の最頻値を指標とした場合、43℃以上、42~43℃の加温が32例中それぞれ12例(37%)、10例(31%)であった。10cm以上の大きな腫瘍や1.5cm以下の皮下脂肪層のうすい患者が、また治療部位では大腸、胸部次いで肝、胃が加温され易く、肺は最も加温されにくかった。

3. 腫瘍中心温度が周囲正常組織よりも高温になる選択加温が28例中21例(75%)に得られたが、皮下脂肪層の過熱が22例中5例(23%)に見られた。また、腫瘍内温度差は多くの場合2℃以内であったが、腫瘍中心温度が43℃以上に加温された腫瘍では2℃以上の温度差が3例に認められた。

4. 本加温装置による主たる副作用は加温局所の疼痛であり、32例中21例(66%)に見られた。加温時の疼痛が温度上昇を得る上での最大の制約因子であった。

5. 以上の結果より、本装置は皮下脂肪層の少ない患者における胸、腹、骨盤部の大きな腫瘍に対する深部加温装置として有用と考えられる。

本研究で使用した加温装置 Thermotron RF-8は新技術開発事業団のgrantを得て、山本ビニター株式会社と協同開発したものである。

文 献

- 1) Noell, K.T.U.R., Woodward, K.T., Worde, B.T., Fishburn, R.I. and Miller, L.S.: Microwave-induced local hyperthermia in combination with radiotherapy of human malignant tumors. *Cancer*, 45: 638~646, 1980
- 2) Marmor, J.B. and Hahn, G.M.: Combined radiation and hyperthermia in superficial human tumors. *Cancer*, 46: 1986~1991, 1980

- 3) Perez, C.A., Nussbaum, G., Emami, B. and VonGerichten, D.: Clinical results of irradiation combined with local hyperthermia. *Cancer*, 52: 1597—1603, 1983
- 4) 平岡真寛, 野原弘基, 米田和夫, 徐 志堅, 小野公二, 西台武弘, 高橋正治, 阿部光幸, 山本五郎: 放射線抵抗癌に対する加温療法の研究—RF 加温装置の試作及び臨床応用. *癌の臨床*, 27: 1825—2830, 1981
- 5) Abe, M., Hiraoka, M., Takahashi, M., Ono, K. and Nohara, H.: Clinical experience with microwave and radiofrequency thermotherapy in the treatment of advanced cancer. *Natl. Cancer Inst. Monogr.*, 61: 411—414, 1982
- 6) Hiraoka, M., Jo, S., Dodo, Y., Ono, K., Takahashi, M., Nishida, H. and Abe, M.: Clinical results of radiofrequency hyperthermia combined with radiation in the treatment of radioresistant cancers. *Cancer*, 54: 2989—2904, 1984
- 7) Dewhirst, M.W., Sim, D.A., Sapareto, S. and Connor, W.G.: The importance of minimum tumor temperature in determining early and long term responses of spontaneous pet animal tumors to heat and radiation. *Cancer Res.*, 44: 43—50, 1984
- 8) Storm, F.K., Morton, D.L., Kaiser, L.R., Harrison, W.H., Elliott, R.S., Weisenburger, T.H., Parker, R.G. and Haskell, C.M.: Clinical radiofrequency hyperthermia: A review. *natl. Cancer Inst. Monogr.*, 61: 343—350, 1982
- 9) Oleson, J.R., Heuskinveld, R.S. and Manning, M.R.: Hyperthermia by magnetic induction: Clinical experience with concentric electrodes. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 9: 549—556, 1983
- 10) 石岡邦明, 柄川 順: 電磁波および超音波局所加温療法—各種装置の特徴と適応, 菅原 努, 阿部光幸編, バイバーサーミア—癌治療の新しい方法. マグロス出版, 131—153, 1984
- 11) Sapozink, M.D., Gibbs, F.A. Jr., Gates, K.S. and Stewart, J.R.: Regional hyperthermia in the treatment of clinically advanced deep seated malignancy: Results of a pilot study employing an annular array applicator. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 10: 775—786, 1984
- 12) Emami, B., Perez, C.A., Nussbaum, G. and Leybovich, L.: Regional hyperthermia in the treatment of recurrent deep-seated tumors: preliminary report. *proceedings of the 4th International symposium on Hyperthermic Oncology*, 605—608, 1984
- 13) LeVeen, H.H., Wapnick, S., Piccone, V., Falk, G. and Ahmed, N.: Tumor eradication by radiofrequency therapy. response in 21 patients. *J.A.M.A.*, 235: 2198—2200, 1976
- 14) Hahn, G.M., Kernahan, P., Martinez, A., Pounds, D. and Prionas, S.: Some heat transfer problems associated with heating by ultrasound, microwaves, or radiofrequency. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 335: 327—346, 1980
- 15) LeVeen, H.H., Ahmed, N., Piccone, V., Shugaar, S. and Falk, G.: Radiofrequency therapy: Clinical experience. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 335: 362—371, 1980