原 著

RF 電界型加温装置の深部加温域に対する 有孔絶縁体フィルムの効果について

中嶋和喜¹⁾ 久住治男¹⁾ 打林忠雄¹⁾
加藤晶彦²⁾ 山本五郎²⁾

1) 金沢大学医学部泌尿器科学教室

(主任：久住治男教授)

2) 山本ビニター KK

An Experimental Study of Temperature Distribution Utilizing
Vinyl Chloride Sheet with Window in 8 MHz RF-hyperthermia

Kazuyoshi Nakajima¹⁾, Haruo Hisazumi¹⁾, Tadao Uchibayashi¹⁾

Akihiko Kato²⁾, Itsuo Yamamoto²⁾

1) Department of Urology, School of Medicine, Kanazawa University

2) Yamamoto Vinyter, K. K.

Summary :

The use of vinyl chloride sheet 0.08 mm thick with a window in various sizes and shapes can control the temperature distribution in 8 MHz RF-heating using agar phantom model. It may enable a more precise heating area, even in the case of the tumor having various shapes and depth. In addition, excessive heat deposition may be avoided in normal surrounding tissues in RF-heating.

Kew Words :

RF 電界型加温装置	RF-capacitive heating
有孔絶縁体フィルム	vinyl chloride sheet with window
選択的加温	selective heating

緒 言

われわれは 1984 年 4 月、進行泌尿器悪性腫瘍の治療を目的として電界型深部加温装置 Thermotron-RF 8 (Thermotron) を導入し、現在までに約 100 例に局所深部加温療法を施行した¹⁾²⁾。臓器別では、膀胱、腎、前立腺、尿管などがその多くを占めている。これらの臓器から発生した癌は、病巣の大きさおよび性状、体表面からの深さ、血流を始めとする各臓器の特徴、臓器内

における腫瘍占拠部位、周囲臓器との相対的位置関係などに相違があり、腫瘍内温度上昇はこれらの因子によって大きく左右された³⁾。また、膀胱癌などに対し、下腹部を加温する場合、正常組織の温度上昇は局所加温療法の継続を制限する大きな要因の一つであった。この要因を除去する目的で、塩化ビニール製有孔絶縁体フィルムを考案し、寒天ファントムを用いて、その加温領域を検討したので報告する。

材料および方法

塩化ビニール製絶縁体フィルム (以下塩ビフィルム) は厚さ 0.08mm のものを用い、その誘電率は 3～5 ε であった。この塩ビフィルムに種々の大きさおよび形状の孔を作成し、実験に供した。また寒天ファントムは 4 % 寒天アガールを 0.22 % NaCl 溶液に溶かし、0.1% のアジ化ナトリウムを加えて作成した。このファントムの大きさは 32 × 32cm、高さ 21cm の直方体から 4 辺の稜を取り除いたものである。Thermotron による加温の際のアプリケーターは、上下とも直径 30cm でオーバーレイポラス⁴併用とし、塩ビフィルムはオーバーレイポラスとアプリケーターとの間に設置した。また、加温出力は 700 ワットとし、23 分間加温後、サーモグラフィーを用いてファントム内温度分布を検討した。

成績

前述した条件で寒天ファントムを加温し、加温終了直後ファントム中央部に垂直方向に割を入れ、得られたサーモグラフィーを示す。Fig. 1 は塩ビフィルム非併用時、Fig. 2 は直径 20cm の孔を

有する塩ビフィルムを上下に各 1 枚併用時、Fig. 3 は同様のフィルムを上下各 2 枚併用時、Fig. 4 は上下とも直径 21cm アプリケーター使用、塩ビフィルム非併用時のサーモグラフィーを示す。この結果、塩ビフィルム併用により加温領域は狭くなったが、アプリケーターに対し垂直方向で示される加温領域の幅には変化は見られなかった。Fig. 5 は Fig. 1～4 の各ファントムの断面での測定温度のうちファントム中央部水平方向の温度をプロットしたものである。それによると、アプリケーターに対する水平方向の加温領域に関しては、直径 21cm のアプリケーターを使用し塩ビフィルム非併用時と、直径 30cm アプリケーターを使用し、直径 20cm 孔を有する塩ビフィルムを上下に各 2 枚併用時の温度分布は類似していた。次に、長円形の孔を有する塩ビフィルムを上下に各 2 枚併用し、直径 30cm のアプリケーターで加温した場合のファントム中央部水平面のサーモグラフィーを Fig. 6 に示す。この場合、高温域は 20 × 14cm の楕円となった。この結果は、塩ビフィルムの併用によって楕円形の腫瘍塊に対する局所加温療法の可能性を示唆するものと考えられた。

Figure. 1 : Thermography observed in sagittal cut surface of agar phantom heated with a pair of electrodes 30 cm in diameter without vinyl chloride sheet

Figure. 2 : Thermography observed under the same condition with a pair of the sheets having a window 20cm in diameter

Figure. 3 : Thermography observed under the same condition with two pairs of the sheets having a window 20 cm in diameter

Figure. 4 : Thermography observed under the same condition with a pair of electrodes 21 cm in diameter without the sheet

Figure. 5 : Temperature distribution in agar phantom heated by Thermotron utilizing vinyl chloride sheet with window

Figure. 6 : Thermography observed under the same condition with two pairs of sheets having a oval-shaped window

考 察

Thermotron においては種々の大きさのアプリケーションを組み合わせてることにより、理論的にはほとんどすべての臓器癌に対する局所加温が可能である。この場合、十分な加温域を確保することが重要であることは論を待たないが、前述したごとく、周囲正常織の温度上昇を最低限に押えることもまた、加温療法をより長期間継続するうえできわめて重要である。特に深在性腫瘍に対する加温療法時には、加温電流の深達性を高める目的で、より直径の大きなアプリケーションを使用することが必要で、このことが RF 電界型加温装置による深部加温を困難なものとする 1 つの原因であった。しかし、現在までのところ、他の加温方法では皮下 7 cm 以上の深在性腫瘍に対する局所加温はきわめて困難であり³⁾⁵⁾、この点からも、RF 電界型加温装置による加温技術の改善が望まれる。現在までになされた加温技術の改善のうちで、オーバーレイボラスの開発は特筆に価するものと言えよう⁴⁾。われわれの経験では、局所加温療法を受けた進行腎癌の剖検例において、後腹膜リンパ節転移に対しても、Thermotron による局所加温療法のある程度の有用性が認められている。これら後腹膜リンパ節転移に対する局所加温はオーバーレイボラスの導入によって初めて可能となったが、絶縁体フィルムが考案されたことにより、さらに効率的に局所加温療法が運用されるものと考えられる。また、肝癌を始めとする比較的大きな腫瘍に対する有用性も期待される。しかし、今回の実験はあくまでも寒天ファントムを用いてなされたものであり、その臨床的有用性の有無に関しては、各臓器腫瘍に対する塩ビフィルム併用時の温度分布の検討が必要である。

まとめ

厚さ 0.08mm の塩化ビニール製絶縁体フィルムに種々の大きさおよび形状の孔を作成し、寒天ファントムを用いて Thermotron-RF8 による加温実験を行い、以下の成績を得た。

1. 1 対の直径 30cm アプリケーターに直径 20cm の孔を有する塩ビフィルムを上下に各 2 枚併用した場合のファントム中央部水平方向におけるファントム内温度分布は、1 対の直径 21cm アプリケーターを使用し、塩ビフィルム非併用時の温度分布と類似していた。

2. 塩ビフィルムの孔を楕円形とした場合には、楕円形の高温域がファントム内に形成された。

3. 以上の成績より、Thermotron による局所加温療法時に各種の有孔塩ビフィルムを併用することは、臓器別および腫瘍占拠部位別の選択的加温を容易にする有効な手段の 1 つと考えられた。

本論文の要旨は日本ハイパーサーミア学会第 4 回大会 (1987 年 10 月、米子市) において発表した。この研究の一部は、文部省がん特別研究(1)(課題番号、63010046、古賀班)、および文部省科学研究費補助金(課題番号、63570742)の補助を受けたもので、付記して謝意を表する。

文 献

- 1) Hisazumi, H. and Nakajima, K. : Radio-frequency hyperthermia for urological malignancies. *Current Research in Hyperthermia Oncology*, Ed. by Kano, E. : 207-213, Academic Press, 1988.
- 2) 久住治男, 中嶋和喜: 泌尿器科領域における局所深部加温療法. 癌と化学療法, 15 : 1382-1386. 1988.
- 3) 中嶋和喜, 久住治男: 前立腺癌に対する 8 MHz-RF 加温療法時の温度分布に関する基礎的研究. 日本ハイパーサーミア誌, 1 : 131-137, 1985.
- 4) 柳川繁雄, 曾根康博, 土井偉誉, 山本五郎: RF 電界型加温装置による深部加温技術の改良. 日本ハイパーサーミア誌, 1 : 187-191, 1985.
- 5) 平岡真寛, 阿部光幸: 深在性腫瘍に対するハイパーサーミア. 放射線医学大系, 特別巻 3, 129-141, 中山書店, 1987.