

## 経 験

## マイクロウェーブによる輸液や輸血の急速加熱

山 田 靖 幸\*

## はじめに

電子器具が医学に中広く使われているが、われわれ臨床医もこれらをいろいろな方面に活用している<sup>1-10)</sup>。ファーストフードや酒のおかんなどに日常的に使われている電子レンジもマイクロウェーブを使っているが、長波は本邦で癌の温熱療法に活用され、世界の注目をあびているのはご存知のとおりである。このマイクロウェーブをさらに、輸液の加熱にも使えることを米国外科学会機関誌に発表した<sup>11,12)</sup>。さらに、血液や凍結血漿の急速加熱にも使えるのではないかと、今回調べてみた。

病院において液体の加熱はしばしば、腹腔洗浄や腹膜透析などに用いられる<sup>13)</sup>。凍結血漿や保存血も使用前には加温が必要である。これらの加温処理は、特に夜間の緊急時には人手がとられて困ることがある。急速に液体を加温するにはマイクロウェーブが有用であるが、均一に内容を加温するのに工夫が必要である。液体を加温するには、マイクロウェーブ・ラジオフリークアンシー(RF・長波)・超音波・マグネティックバイブレーション(MV・磁気振動)を使いえる。MVでは、均等に加温するためには鉄片を液体の中に入れることが必要となる。超音波では熱効率が不良で、かつ細胞を破壊してしまう。RFでは、サーモトロンで知られているように人間の温熱療法に使われている。しかしその問題として、RF用のマグネトロンが非常に高価なことと、液体の分量が一般的な少量では均等に加温できないというこ

とがある。サーモトロンはその開発資金に、通産省の新技术開発公団の肩入れが必要となっていた。これらに比べてマイクロウェーブは、マイクロトロン・マイクロサーミイ・マイクロウェーブセラピーなどとして、人間の筋肉を加温するのに頻用されている。しかし、その水溶液中への透過性はRFよりはるかに小さい。電子レンジに使われている2450 MHzのマイクロウェーブは2 cmも透過せず、26 MHz以下のRFは15 cm以上も透過する。液体を目的の温度まで加熱したあと、実際に使用する迄さめないように保温する工夫も必要となる。

## 1. 方 法

600 Wの電子レンジ(東芝)を使い改造した。被加熱体として角型のプラスチック製1 l生食輸液ボトル(8.5 cm × 8.5 cm × 17 cm・大塚製薬)を使った。ボトルを横向きに置き、中の生食の温度をその表面と底と両方のまん中とで計った。解凍効果を調べるには、80 cc(9 cm × 13 cmの平型バッグ)の凍結血漿(-30℃・日本赤十字)を用いた。凍結血漿を加熱中にそのおおいとして、1 lの生食バッグ(13.6 cm × 30 cm・テルモ)を用いた。その1 l生食バッグから500 ccをすて、半分に折り、その間に凍結血漿をはさみ、加温した。折りたたんだバッグの両葉間で、液の対液が起きるように、縦にも折り目じわを作った。温度センサーとして、炭素粉を含む伝導プラスチックの破片を用いた。その大きさは0.5 mm × 0.5 mm × 3 mmで、その両端をエナメル線でつなぎ、その間の抵抗を計った。その破片とエナメル線はアルミホイルでおおいシールドした。

\*なごや国際産婦人科内科

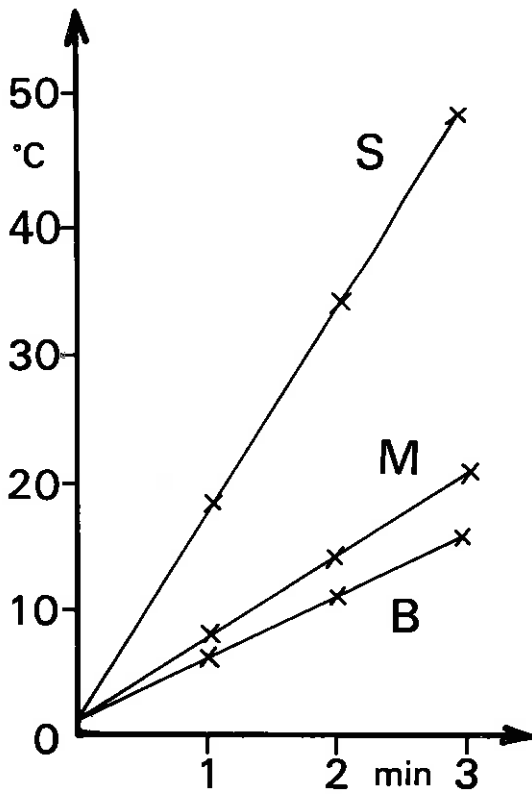


図1 生食ボトルを寝かして普通に電子レンジで加熱した場合の温度変化  
S, M, Bはそれぞれ生食の表面・中間・底を示す。

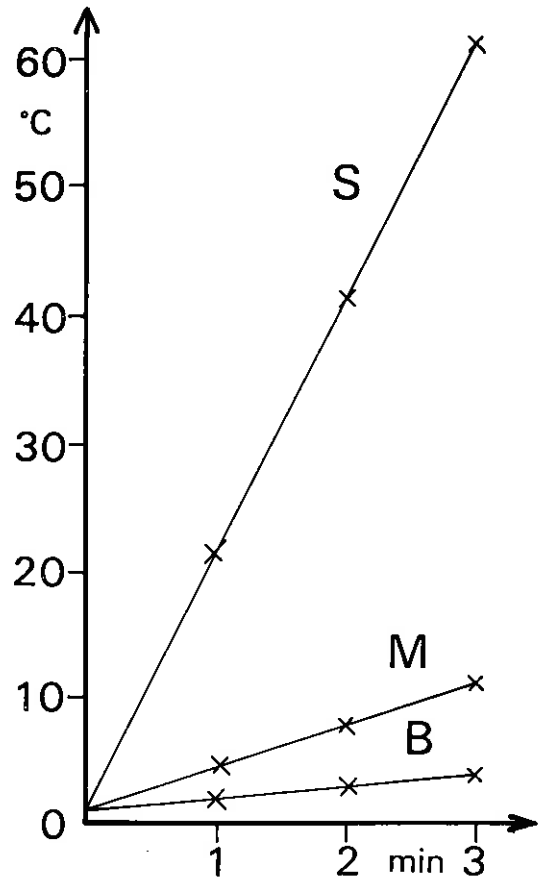


図2 生食ボトルの上からだけマイクロウェーブを照射した場合の温度変化

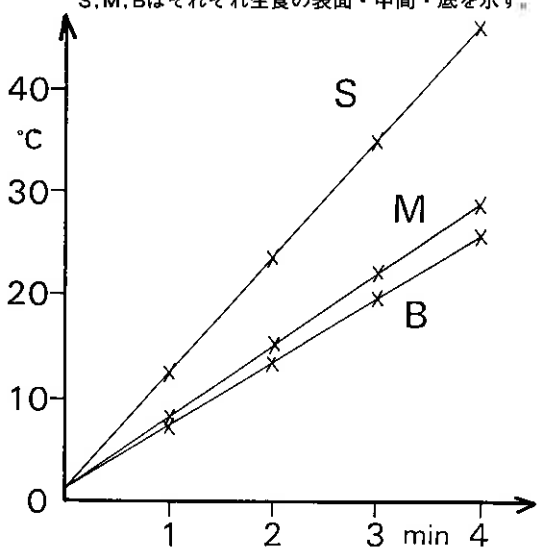


図3 電子レンジを単に逆さまにして加熱した場合の温度変化

## 2. 結 果

1ℓの角型容器入りの生食を横にして、普通の電子レンジの加熱方法で加熱した場合、表面と底との生食の温度差は毎分11℃であった(図1)。角型容器の全側面をアルミホイルでおおって、マイクロウェーブが上からだけくるようにした場合、温度差は毎分19℃であった(図2)。電子レンジを逆さまに置いただけの場合、つまり散乱マイクロ波が下から放射するようにした場合、温度差は毎分5℃であった(図3)。次に逆さまに置いた電子レンジの床面つまり本来の天井面を、角型容器の底面をのけた全面をアルミホイルでおおって、マイクロウェーブが角型容器の殆ど底面からだけ放

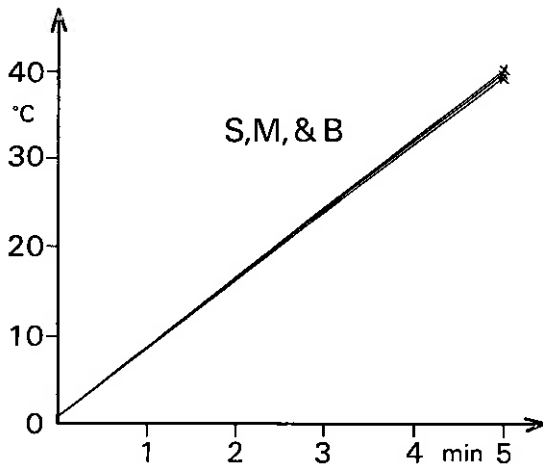


図4 電子レンジを逆さまにして、ボトルの底面以外の全床面をアルミホイルでシールドした場合の温度変化

射するようにした場合、温度差は毎分 $0.2^{\circ}\text{C}$ であった(図4)。80ccの凍結血漿を半分に折り、間にはさみ、電子レンジ底面の中央に置いた温度センサーの上に乗せたときの温度は、図5に示すように電気抵抗で示される。液温が $35^{\circ}\text{C}$ に加温されたとき、スイッチが切られ、 $30^{\circ}\text{C}$ に下がるとスイッチが入られる。凍結血漿は12分で一様に完全に加温された。

全血での安全性を調べるために、報告者自身から採血バッグに採血し、冷蔵庫で $5^{\circ}\text{C}$ に冷却し、凍結血漿と同じ方法で $38^{\circ}\text{C}$ に加温し、再度それを報告者自身に輸血した。結果は、輸血回路が内側からその高度のために結露した以外、何ら被輸血者にも特記すべきことを認めなかった。また、同様な方法で $5^{\circ}\text{C}$ 冷却血液を $37^{\circ}\text{C}$ 、 $39^{\circ}\text{C}$ 、 $42^{\circ}\text{C}$ に加温した場合と、 $5^{\circ}\text{C}$ 冷却血液を温水浴で $37^{\circ}\text{C}$ に加温した場合とを、もとの冷却血液と成分組成を比較した。結果は、赤血球数・白血球数・血色素・ヘマトクリット・MCV・MCH・MCHC・K・Cl・Na・Ca・P・鉄・クレアチニン・総蛋白・アルブミン・AG比・アルファ1・アルファ2・ベータ・ガンマ各々の分画など、いずれにおいても変化は認められなかった。

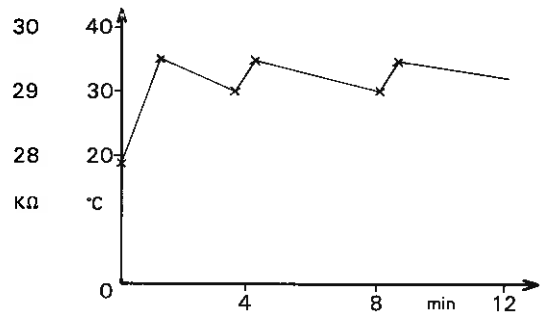


図5 80ccの凍結血漿の加温

室温( $18^{\circ}\text{C}$ )の生食バッグを半分に折ってその間にはさみ図4の場合のように加温。温度センサーは底面中央のバッグの下にあり、電気抵抗で温度を計っている。

### 3. 考 察

一般の泳いでいる魚も水槽のまま何ら問題なくマイクロウェーブが加温できることを米国外科学会機関誌に発表した<sup>11, 12)</sup>、今回、輸液・輸血ともに均等に速く簡単に目的の温度まで電子レンジで加温できることを示した。一般の簡単な糖液輸液の加熱でさえも、キャラメル化が起こるのでマイクロウェーブで加熱できないといわれている<sup>14, 15)</sup>、それは均等に加温しようとしなからであり、今回のようにすれば、500cc糖液(大塚製薬)を加温しても全くキャラメル化はおこらず、血液でさえもなら問題がなかった。一般の安価な電子レンジを少し改造し、下方から散乱なく照射するようにすればよいだけである。そうすれば、やかと同じことで対流が起こり、自然と均等に加温される。図4で示したように、下方から照射しても毎分 $0.2^{\circ}\text{C}$ の温度差が生じたが、これは輸液ボトルの下面のかどを透過したマイクロウェーブが、電子レンジの壁や天井で反射して、ボトルの上面や側面から再入射し $0.2^{\circ}\text{C}$ の温度差を生じたものと思われる。この現象を避けるためには、電子レンジにわざわざ付けてある散乱装置をはずし下方からのみマイクロウェーブが照射するようにすれば良いと思われる。

## 〔文 献〕

- 1) Yamada, Y. : A miniaturized method for multiple and inexpensive electrophoreses on polyacrylamide slab gels. *Anal. Biochem.* 164 : 170-174, 1987
- 2) Yamada, Y., and Yasoshima, A. : Cancer pain treatment with a simple custom-built portable waterproof microautoinjector. *Gynecol. Obstet. Invest.* 23 : 275-278, 1987
- 3) Yamada, Y. : Electrophoresis in gel slabs of any thickness. *J. Biochem. Biophys. Methods.* 7 : 175-185, 1983
- 4) Yamada, Y. : Isoelectric focusing with reduced cathodic drift and migration into the anode chamber. *J. Biochem. Biophys. Methods.* 8 : 175-181, 1983
- 5) Yamada, Y. : Gradient flattening of sodium dodecyl sulfate and isoelectric focusing gels. *J. Biochem. Biophys. Methods.* 8 : 183-188, 1983
- 6) Yamada, Y. : Slab gel electrophoresis at any thickness in *Advanced Method, Biochemical & Clinical Apparatuses.* 171-178, De Gruiter, New York, 1984
- 7) Yamada, Y. : Effects of testosterone on unit activity in rat hypothalamus and septum. *Brain Res.* 172 : 165-168, 1979
- 8) Yamada, Y. and Nishida, E. : Effects of estrogen and adrenal androgen on unit activity of the rat brain. *Brain Res.* 142 : 187-190, 1978
- 9) Yamada, Y. : Effects of iontophoretically-applied prolactin on unit activity of the rat brain. *Neuroendocrinology* 18 : 263-271, 1975
- 10) Oomura, Y., Yamada, Y., et al. : Glucose inhibition of the glucose-sensitive neurone in the rat lateral hypothalamus. *Nature* 247 : 284-286, 1974
- 11) Yamada, Y. and Yasoshima, A. : Rapid warming of infusion solution. *Surg. Gynecol. Obstet.* 160 : 400-402, 1985
- 12) Yamada, Y. : Surgical pros and cons. *Surg. Gynecol. Obstet.* 162 : 475-476, 1986
- 13) 中文彦, 山田靖幸 : 遅発性脾破裂, *臨床外科*, 35 : 265-267, 1980
- 14) Werwath, D. L., Schwab, C. W., et al. : Microwave ovens a safe new method of warming crystalloids. *Am. Surg.* 50 : 656-659, 1984
- 15) Linko, K. and Hekali, R. : Influence of the Taurus radiowave blood warmer on human red cells. *Acta Anaesth. Scand.* 24 : 46-52, 1980