

ハイパーサーミア用人体サイズコイルの磁場・電場の効果

青戸知広¹、山田努¹、大多哲史²、池畑芳雄³、山田外史³、竹村泰司¹
(横浜国立大学¹、静岡大学²、金沢大学³)

The effect of magnetic and electric fields produced by a human body size applicator for hyperthermia

T. Aoto¹, T. Yamada¹, S. Ota², Y. Ikehata³, S. Yamada³, Y. Takemura¹

(Yokohama National University¹, Shizuoka University², Kanazawa University³)

はじめに

体内に投与した磁性ナノ粒子に体外から交流磁場を印加することで癌を治療する、磁気ハイパーサーミアが研究されている。印加交流磁場が誘導する交流電場により、生体組織へのエネルギー吸収が起こるため、治療の際の患者への悪影響が懸念される。また一方で、TMS(Transcranial magnetic stimulation, 経頭蓋磁気刺激)¹⁾や、TTF(Tumor treating field, 腫瘍治療電場)²⁾といった、交流電場が生体に及ぼす効果を利用した治療法が存在し、研究が進められている。

実験方法

本研究では Fig. 1 に示すような人体サイズのコイル(直径 250 mm)で体内に投与した磁性ナノ粒子を誘導加温する磁気ハイパーサーミアを想定している³⁾。コイル部分は、線径 0.06 mm のリッツ線 250 本の束を 24 束、中空の形状をなすように螺旋状に編み込んだ仕様となっており、さらに冷却用のフッ素系不活性液体で満たされたケースで覆われているため、最大で 400 A_{rms} の大電流を通電することができる。また、周波数は 142 kHz で固定されている⁴⁾。人体深部に実効値で 8 kA/m の磁場を印加することにより、癌を治療するのに十分な磁性ナノ粒子の発熱を誘導することができる。このときの電場強度を評価した。

実験結果

最大磁場強度が 8 kA/m の交流磁化測定の結果に基づき、Resovist[®] の発熱量に関して SLP(Specific loss power)と ILP(Intrinsic loss power)の 2 つの指標で表したものが Fig. 2 である。これにより、人体サイズコイルの固定周波数である 142 kHz において 37 kW/kg の SLP を示すことがわかり、この発熱量に比例した腫瘍の温度上昇が期待できる⁵⁾。本研究では、コイルが作り出す交流磁場に加え、それが誘導する交流電場を見積もった。これらの磁場・電場が生体に及ぼす影響を考慮した実験条件を整え、人体サイズコイルによる磁性ナノ粒子の誘導加温を利用した癌温熱治療の実現可能性を検討したので報告する。



Fig. 1. Human body size applicator.

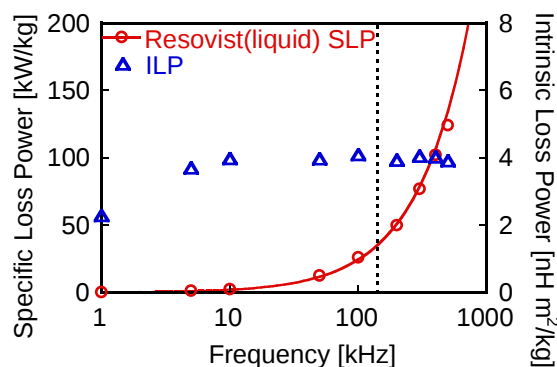


Fig. 2. SLP and ILP of Resovist[®]
(dotted vertical line indicates 142 kHz).

謝辞：本研究の一部は、科研費 15H05764、17H03275 により実施した。

参考文献

- 1) M. Sekino, and S. Ueno: "Comparison of current distributions in electroconvulsive therapy and transcranial magnetic stimulation.", *J. Appl. Phys.*, **91**(10), 8730-8732, 2002.
- 2) Y. Palti: "Management of recurrent or progressive glioblastoma multiforme with low-intensity, medium-frequency alternating electric fields.", *Eur. Oncol. Dis.*, 88-89, 2007.
- 3) 青戸知広ら: "磁性ナノ粒子の磁気緩和とパンケーキ型コイルを用いた誘導加温"、第 40 回 日本磁気学会学術講演会、08aD-1、金沢、2016 年。
- 4) 山田外史ら: "癌温熱療法のためのダブルパンケーキ形コイルシステムの開発"、電気学会マグネティックス研究会、MAG-15-013、金沢、2015 年。
- 5) T. Aoto, et al.: "Specific loss power of magnetic nanoparticles for hyperthermia excited by pancake-type applicator"、電気学会論文誌 A 2017 年 8 月号. (印刷中)