

低侵襲がん治療に磁気力制御技術は適用できるか？

Can Magnetic Force Control Technology be Applied to Minimally-invasive Cancer Therapy?

阪大院工¹ ○秋山 庸子¹, (M1)得丸 裕伍¹, (B)小谷 拓也¹, 真鍋 勇一郎¹, 佐藤 文信¹

Graduate School of Engineering, Osaka Univ.¹

○Yoko Akiyama¹, Yugo Tokumaru¹, Takuya Odani, Yuichiro Manabe, Fuminobu Sato

E-mail: yoko-ak@sec.eng.osaka-u.ac.jp

これまで我々は、磁場を利用した低侵襲がん治療法の開発に向けた研究を行ってきた。がん治療に磁場を利用することの最大の利点は、磁場応答性を付与した薬剤の体内動態を体外から制御できることである。このことにより、非侵襲で副作用の少ない治療ができることが期待できる。しかし、薬剤を体内深部に誘導・集積させることは容易ではない。これは、磁場および磁場勾配は、基本的に磁場源に近づくほど増加するためである。ここでは、磁気力制御による体内深部への薬剤の誘導・集積を実現するための試みについて紹介する。

本研究では、強磁性粒子によってがんが周囲に形成する新生血管を物理的に閉塞させ、血流や栄養の供給を遮断することで、がん治療を行うことを目的とした。標的部位としては、すい臓のように体内深部にあり、外科治療の難しいがんを想定した。提案する治療法の実現のためには、磁場源から離れた標的部位に強磁性粒子を選択的に集積させ、凝集させる必要がある。実用に向けては、超電導磁石磁場源から 10-20 cm 離れた部位に粒子を集積させる必要があり、超電導磁石が必須となる。しかし、超電導磁石を用いて高周波の回転磁場を印加する手法は確立されていない。

そこで、同極対向で配置した 4 つの超電導磁石と、一部開口した円筒型磁気シールド材を用いた回転磁場の印加手法を考案した。具体的には、4 つの磁石を同時に励磁した状態で、生体の外側に配置した磁気シールド材を回転させることで、開口部からの漏れ磁場により標的部位に回転磁場を印加する手法である。基礎的検討として、周波数を変化させた回転磁場下での強磁性粒子の粒子軌跡計算と、同極対向型永久磁石と磁気シールド材を用いた小規模な模擬実験により、磁石から離れた場所への集積可能性を検証した。

まず粒子軌跡計算の結果、強磁性粒子は磁場の回転周波数に応じた周期で振動しながら下流へと流れるため、周期運動の振幅と血管内径の大小関係の制御によって集積を制御できる可能性が示された。次に、4 極対向型永久磁石の内部に磁気シールド材を配置し、その回転速度を変化させた模擬実験により、磁場回転軸を中心とした直径 10 mm の範囲に粒子を集積させ、他の部分への集積量を低減させることが可能であることが示された。

以上の結果から、回転磁場の周波数を制御することで、磁場源から離れた標的部位への強磁性粒子の集積可能性が示されたが、動物実験、さらには人体への適用に向けてはいくつかの課題がある。今後はこれらの課題の解決に取り組んでいく予定である。