

京都大学	博士（医学）	氏 名	豊 洋次郎
論文題目	Localizing small lung lesions in video-assisted thoracoscopic surgery via radiofrequency identification marking (RFID マーキングを用いた胸腔鏡下手術における微小肺病変同定方法)		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>頭頸部外科や整形外科領域では患者の解剖学的位置と手術器具の位置関係をリアルタイムに表示するナビゲーション手術が導入されている。低侵襲胸腔鏡手術において、触知不能微小肺病変の術中における正確な位置同定は大きな課題であり、ナビゲーション手術の実現が望まれてきたが、肺は可塑性に富む臓器であり含気の程度に応じて臓器が変形することから、今までナビゲーション手術の実現は困難であった。</p> <p>この課題に対して、われわれは近距離無線通信の用途で普及している 13.56MHz の短波帯を用いた Radiofrequency Identification (RFID)技術に着目し、小型 RFID タグを病変近傍に留置後、術中にアンテナで検索することにより病変の位置同定を行う医療器具・手術方法を開発してきた。本研究では、実質臓器である肺内での病変の 3 次元的位置の正確な把握を実現するため、肺内の任意の位置でタグの固定を可能とする繫止機構を開発し、手術中に虚脱変形する肺内の目標病変の深部断端を本提案手法で確認できるのかどうかを中動物モデル（ビーグル成犬）において検証した。</p> <p>【方法】</p> <p>以下の要素で構成されるマーキングシステムを試作した。</p> <p>a) 13.56MHz RFID タグ (3.2 x 1.6 x 0.9mm)</p> <p>b) 気管支鏡用の留置デバイス (径 2mm 気管支鏡チャンネル用)</p> <p>c) 位置特定用の検知アンテナ (径 10mm、通信距離 30mm) と信号処理装置</p> <p>1) 肺内での固定性検討：</p> <p>Group A:タグ単体 (n=18)</p> <p>Group B:タグ+幅 3 mm の樹脂型繫止形状 (n=15)</p> <p>Group C:タグ+幅 5 mm の NiTi coil 型繫止形状 (n=15)</p> <p>それぞれのグループにおいて径 2 mm 未満の末梢気道、径 2 mm 以上の中枢気道において留置実験を行った。留置後 14 日目まで透視、CT により留置したタグの肺内残存個数を追跡した。</p> <p>2) 胸腔鏡下での切除実験：</p> <p>CT 検査にて胸膜から平均 13.3 mm (9-15.7 mm)の距離に留置された Group C の 8 個のタグに関して、タグから 10 mm の深部断端を目標に電気メスにて部分切除を行い、切除後にその実測値を計測した。</p> <p>【結果】</p> <p>1) 肺内での固定性検討：</p> <p>末梢気道 (気管支径&lt;2 mm)において、2 週間後のタグの残存率は、Group A : 11.1% (2/18)、 Group B: 26.7% (4/15)、Group C:100.0% (15/15)で、Group C は他の 2 群と比較して優位に良好な肺内固定性を示した (p&lt;0.0001)。</p> <p>中枢気道 (≥2 mm)において、2.0-4.3 mm の気道に Group C のタグを 15 個留</p>			

置した結果、留置後 2 週間での残存率は 73.3% (11/15)であり、3.3 mm の気管支径まで留置可能であった。

2)胸腔鏡下での切除実験：  
タグは平均 10.8 秒 (実測 8-15 秒)で検知可能であり、摘出率は 100% (8/8)であった。タグからの深部断端の実測値は平均 9.13 mm (6-13 mm)であった。

【考察】  
小型 RFID タグに NiTi coil 型の繫止機構を装備することで、末梢気道から 3.3 mm 径の中枢気道まで任意の肺内領域にマーキングすることが可能となり、胸腔鏡下においても正確な深部断端をもって摘出することが可能であった。本検討では、n 数が少なく、ヒト肺との解剖学的な相違もあることから正確な固定性の限界についての検討はできていないが、繫止機構を備えた RFID マーカーは正確な三次元位置情報を提示するため、固有の ID を有する RFID マーカーを複数個使用することにより、肺領域におけるナビゲーション手術を可能にする。

【結語】  
5 mm 径の NiTi coil 型繫止機構は末梢気道から中枢気道までのタグ固定に有効であった。RFID マーカーを腫瘍近傍に留置することで、胸膜から距離のある深部病変に対しても正確な三次元位置情報を提示し、病変の確実な位置把握を可能とした。

(論文審査の結果の要旨)  
胸腔鏡手術において、触知不能微小肺病変の術中における正確な位置同定は大きな課題である。肺領域において、目標となる病変の三次元位置を正確に把握できるナビゲーション手術の実現が望まれてきたが、肺は可塑性に富む臓器であり含気の程度に応じて臓器が変形することから、今までその実現は困難であった。われわれは 13.56MHz の短波帯を用いた小型 Radiofrequency Identification (RFID) タグを病変近傍に留置後、術中にアンテナで検索することにより病変の位置同定を行う医療器具・手術方法を提案してきた。今回は新たに実質臓器である肺内の任意の位置でタグの固定を可能とする 5mm NiTi coil 型繫止機構を開発し、手術中に虚脱変形する肺内の目標病変の深部断端を本手法で確認できることを中動物モデルにおいて確認した。RFID マーカーは肺内で正確な三次元位置情報を提示するため、固有の ID を有する RFID マーカーを複数個使用することにより、肺領域におけるナビゲーション手術を可能にすると考えられる。

以上の研究は、RFID マーカーが変形する肺臓器内において三次元位置情報を正確に提示することを実証したものであり、低侵襲な胸腔鏡手術に不可欠なナビゲーション手術に関する技術の発展に寄与するところが多い。

したがって、本論文は博士 ( 医学 ) の学位論文として価値あるものと認める。  
なお、本学位授与申請者は、平成 30 年 7 月 25 日実施の論文内容とそれに関連した試問を受け、合格と認められたものである。

コメントの追加[洋至1]: %の前には、半角スペースは不要です。