

論文内容要旨

New noncontact sensor for detecting pulmonary
tumors during VATS

(胸腔鏡手術中に肺腫瘍を検出するための
新しい非接触式センサー)

Journal of Surgical Research, 2016, in press.

主指導教員：大段 秀樹 教授
(応用生命科学部門 消化器・移植外科学)

副指導教員：安達 伸生 教授
(統合健康科学部門 整形外科学)

副指導教員：田邊 和照 准教授
(応用生命科学部門 消化器・移植外科学)

赤山 幸一

Computed tomography(CT)の高性能化により小型肺腫瘍の発見機会が増えている。小型肺腫瘍に対して、開胸手術に比べて低侵襲な胸腔鏡手術が行われるようになってきたが、胸腔鏡手術の問題の一つに手指による肺の触診が不可能で手術中に小型腫瘍の検出が困難な場合がある。さらに胸腔鏡手術では肺を虚脱させるため、CT撮影時に比べ肺が縮小、変形し、術前CTから腫瘍の局在を推定することも困難である。手術中の検出が困難な肺腫瘍に対して、CTガイド下にフックワイヤー、コイル、リピオドールなどの異物を腫瘍近傍に打ち込む術前処置が行われることが多いが、肺に直接異物を打ち込むために気胸発症や出血さらには致命的な空気塞栓症の危険性を伴う。超音波による肺腫瘍の探索の報告もあるが、肺は含気があり超音波での描出が難しく、器具を肺に接触させる必要があるため探索できる範囲が限られている。そこで我々は手指による触診が困難な胸腔鏡手術中に肺腫瘍を検出する方法として非接触式センサーを開発した。

非接触式センサーは肺には触れずに振動を与えた空気噴流を肺表面に当て、反射した振動をセンサーで感知し、その振動の位相差から腫瘍を検出する原理である。硬い腫瘍がある場所では空気噴流の当たった肺の陥凹が変わるので、計測する位相差にずれができ腫瘍の局在が判明し得る。センサーの特徴として、位相差方式であり対象の肺の色調や測定角度の影響を受けないこと、すでに臨床で使用されている生理組織接着剤噴霧時の空気噴流を利用するので、肺への安全性が確認されていること、光ファイバーの使用により10mmに細径化し、11.5mmの胸腔鏡用ポートから挿入可能であることが挙げられる。さらに噴射する波とセンサーが測定した波でリサージュを描き位相差を視覚化し得た。シリコンラバーに模擬腫瘍としてのボールを埋め込み、センサーで模擬腫瘍を検出する予備実験の結果を基に、センサーの出す周波数は40Hz、空気圧は0.08MPaに設定した。安全性の確認のため、通常測定圧の2倍の空気圧0.15MPaをブタ生体肺に噴射したが、肉眼的にも組織学的にも肺胸膜、肺実質の損傷は認めなかった。センサーの検出能力を測るため、肺表面からの深さ(D)と大きさ(S)を変えたプラスチックボールを模擬腫瘍として生体ブタ肺に埋め込み、センサーで測定し検出の有無を確認した。1つの模擬腫瘍につき10回測定し、30度を超える位相差のずれが8回以上あれば検出されたと定義した。深さと大きさの比 $D/S \leq 1$ の範囲では37個の腫瘍のうち32個(86.5%)、 $1 < D/S \leq 2$ では94個中70個(74.5%)、 $D/S > 2$ では100個中60個(60.0%)で検出可能であった。またセンサーは模擬腫瘍を検出する際に心拍動、肺血流、呼吸による胸郭の動き、術野の明るさの影響を受けないことが確認された。ヒト肺組織への使用として肺腫瘍手術症例6例の摘出肺中の腫瘍をセンサーで測定した。腫瘍の組織型は腺癌4例、扁平上皮癌1例、骨肉腫1例で、CT上の腫瘍径は5.9から21.5mm、肺の表面からの距離は0.16mmから34.0mmであった。D/S値は0.01から3.3で6例とも検出可能であり、気管支、血管とも区別可能であった。1例では肺腫瘍摘除前の胸腔内でも測定し、CTで大きさは15mm、深さは34mmの腫瘍であったが検出された。

現在までの報告で、開胸手術時の手指での触診も含めてD/Sが1あるいは2未満の腫瘍が検出できる可能性があると報告されている。今回のブタ生体肺の実験では腫瘍の大きさ10mm未満かつD/Sが1未満の腫瘍の90%が検出できた。一般にブタ肺はヒト肺より硬いため空気噴流で肺が陥凹しにくく、ヒト肺より検出が難しい。実際にヒト肺においては $D/S > 2$ の全5例におい

て検出可能であった。センサーは手指での触診と同等の検出能力を有すると考える。我々の非接触式センサーは胸腔鏡下での小型肺腫瘍の検出において安全かつ有用であると結論づける。