



TITLE:

Resection Process Map: A novel dynamic simulation system for pulmonary resection(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Tokuno, Junko

CITATION:

Tokuno, Junko. Resection Process Map: A novel dynamic simulation system for pulmonary resection. 京都大学, 2023, 博士(医学)

ISSUE DATE:

2023-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k24477>

RIGHT:

京都大学	博士（医学）	氏名	徳野 純子
論文題目	Resection Process Map: A novel dynamic simulation system for pulmonary resection (解剖学的肺切除における新しいシミュレーションシステム、RPM の開発)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>【背景と目的】 肺は含気のある柔らかい臓器であり、脱気や牽引などにより、変形が起こりやすい。しかもその変形は単純な相似変形ではないことが多く、既存の 3D-CT 再構成画像システムでは、血管・気管支などの描出は静的な描出に留まるため、操作などによる変形が加わった実際の術野は、術前の想定と異なるようなことが起こりうる。近年、低侵襲な胸腔鏡手術の普及に伴い、術前・術中の正確な解剖理解のために、動的なイメージによるシミュレーションが必要だと考えられる。</p> <p>既に肝臓手術領域では、医工連携で考案、開発されたソフトウェア、RPM (Resection Process Map)により、患者固有の CT データから、肝臓の変形や手術操作に対応した切離面と血管などの動的イメージの描出が可能となっていた。本研究では、解剖学的肺切除(肺葉切除、区域切除)に特化した RPM の開発を進め、臨床応用の可能性について検討した。</p> <p>【方法】</p> <p>1) 肺切除 RPM の開発 解剖学的肺切除の動的イメージによるシミュレーションにおいて以下の機能を含有させた。</p> <p>a. 肺表面の任意の点の把持、牽引 b. 葉間、区域間の展開 c. 肺実質の濃度を調節し、深部の血管・気管支が透見させる d. 高速でのイメージ作成、シミュレーション作業</p> <p>2) 動的イメージの作成方法</p> <p>a. SYNAPSE VINCENT (富士フィルム社)での通常通りの 3D 再構成を行い、できた静的イメージを STL data で抽出 b. 血管・気管支においてはさらに、データを軽量化するため、中心線を検出 c. 上記 a. b. で得られたデータを RPM ソフトウェアへ入力</p> <p>3) 評価</p> <p>a. 動的イメージ描出の所要時間: SYNAPSE VINCENT 以降の処理に必要な時間を計測 b. 動的イメージによるシミュレーションのスムーズさ: 1 秒間に何コマ表示可能か計測 c. 描出の正確性: 過去の、代表的な肺葉切除・区域切除例の動的イメージを作成。手術で処理した血管・気管支の何パーセントが正確にシミュレートされたかを検討</p> <p>【結果】 18 例 (肺葉切除 9 例: 右上葉 3 例、右中葉 1 例、右下葉 2 例、左上葉 1 例、左下葉 2 例、区域切除 9 例: 右 S2、右 S6、右 S8、左 S1+2、左 S1-3、左 3、左 S6、左 S8+9、左 S9+10 それぞれ 1 例ずつ) において、検討を行った。 SYNAPSE VINCENT 以降の動的イメージの描出に要した時間は、121.3 秒 (中央値) であった。シミュレーションにおいて動的イメージは、1 秒間に 65.4 frame の描出が可能な</p>			

スムーズさであった。
描出の正確性の検討では、肺動脈においては、処理した 38 本すべて、肺静脈は 18 本中 17 本、気管支は 18 本すべてが正確に描出され、全体では、手術で処理した脈管・気管支の 98.6%が正確に描出された。

【結論】 本研究において開発した肺切除シミュレーションシステムは、従来の静的イメージに約 2 分の処理を追加することで、スムーズなシミュレーションが行える動的イメージを描出できる。また、血管・気管支の描出が正確に行えることから、術前・術中のシミュレーションとして有用な可能性がある。

(論文審査の結果の要旨)
肺は手術操作で容易に変形し、手術中に各構造物の同定、位置関係把握に難渋することがある。特に胸腔鏡下手術では、視野、触覚の制限のため、外科医にはより高度な知識、技術が求められる。従来、術前評価に用いられる 3DCT 再構成画像は、静的な描出のみで、肺の術中変形に対応していない。今回の研究では、肺の術中変形に対応した解剖学的肺切除のためのシミュレーションソフトウェア (Resection Process Map: RPM) の開発を行い、RPM 上で肺葉切除・区域切除の要点を再現できるか検討した。RPM により、患者固有の CT から得られたバーチャル画像では、肺実質の把持・牽引、深部の血管・気管支の透見、葉間・区域間の展開が可能で、解剖学的肺切除を動的にシミュレートできる。従来の 3DCT 再構成画像に、121.3 秒の追加で RPM 上にバーチャル画像が得られ、1 秒間に 65.4 frame の描出で動的シミュレーションを見せることができた。対象症例 (18 例) の手術中に切離された血管、気管支 75 本のうち、74 本 (98.6%) が描出された。

以上の研究は、患者固有の CT データから、肺の術中変形に対応したスムーズで動的なシミュレーションを短時間での作成と、手術の要点の再現を可能とした。そのため、安全に解剖学的肺切除を行うための術前・術中シミュレーション技術、手術教育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、令和 4 年 11 月 18 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。