

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 16 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23591815

研究課題名(和文)肺葉分割CADを用いたCOPD合併肺癌の術後肺機能予測

研究課題名(英文) Prediction of post-operative pulmonary function for lung cancer patients with COPD using computer-aided diagnosis.

研究代表者

岩野 信吾 (Iwano, Shingo)

名古屋大学・医学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：90335034

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,300,000円、(間接経費) 1,290,000円

研究成果の概要(和文)：本研究において、3D-CTから肺葉別の容積を半自動、全自動で計測するコンピュータ支援診断システム(CAD)を開発した。そして本CADによる肺葉容積計測の精度を肺癌患者50症例の術前3D-CT画像を用いた放射線科医による計測実験を行って検討した。結果として半自動・全自動CADの容積測定精度は従来法よりも正確で、かつ従来法と比べて計測にかかる時間と労力を大幅に短縮できることが明らかとなった。本CADは術後肺機能予測に有用と考えられた。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed novel computer-aided diagnosis (CAD) to measure the total volume and the emphysematous volume of each anatomic lobe from three-dimensional CT (3D-CT) images. This CAD could semi-automatically or automatically recognize inter-lobar fissures. We acquired 50 consecutive preoperative 3D-CT examinations for lung tumours. We calculated the lobar volume and the emphysematous lobar volume <math>< 950 \text{ HU}</math> of each lobe using (i) the slice-by-slice method (reference standard), (ii) number of segments method, and (iii) semi-automatic and (iv) automatic computer-aided diagnosis. As a result, the lobar volumetry CAD system could measure each lobar volume more precisely than the conventional number of segments method. This results show that lobar volumetry CAD may more precisely predict postoperative pulmonary function than the number of segments method.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：内科系臨床医学・放射線科学

キーワード：呼吸機能検査 3次元CT COPD 肺癌

1. 研究開始当初の背景

肺癌に対する標準術式は肺葉切除術であるが、肺癌患者は重喫煙者で COPD・肺気腫を合併してもともと低肺機能となっているケースが多く、術後肺機能が低下しすぎないように手術計画を立てる必要がある。通常、術後肺機能は術前のスパイロメトリーと切除予定の肺区域数から予測する(区域数法; 両肺に 18 区域存在するので、例えば右上葉切除なら 18 区域から 3 区域減じた 15/18 に術後肺機能が低下すると計算)。しかし各肺葉の大きさは個人差が大きく、肺気腫の分布も上葉と下葉で異なる。また上葉と下葉とでは同一の肺容積であっても呼吸機能に与える影響が異なっていることを示す研究結果がいくつか報告されている。術後肺機能をより正確に予測するためには、切除肺の容積を正確に計算し、なおかつ術式(上葉 or 下葉切除術)によって予測値を細かく修正する必要がある。

3次元 CT (3D-CT) を用いると生体の肺容積および気腫肺容積を正確に計算することができる。研究代表者らは過去に 3D-CT で計測した肺容積および気腫肺容積がスパイロメトリーで計測した肺活量や 1 秒量と密接に相関していることを明らかにしている (Iwano et al. Acad Radiol 2009)。肺葉は大葉間裂・小葉間裂で区分されているので、CT 画像上の葉間裂を読影者が視認し、マニュアルでトレースして肺葉を分離することで肺葉別の容積を計算することができる (slice-by-slice 法)。研究代表者らはこの slice-by-slice 法を用いて計算した肺葉容積とスパイロメトリーで得られた肺機能との相関を解析し、肺の上・中・下葉の各機能が異なっていることを明らかにしている (Matsuo K, Iwano S, et al. J Thorac Imaging 2012)。しかしマニュアル法は葉間裂のトレース作業に読影者の多大な労力・時間を必要とするため、多数の臨床症例に対してこれを行うことは非現実的であった。

研究代表者らは肺癌の胸部 CT を対象としたコンピュータ支援診断システム (CAD) を長年にわたり研究開発してきた。これまでの研究技術を応用して胸部の 3D-CT から各肺葉の容積をコンピュータで自動的に算出する新型 CAD システムを開発すれば、より多くの胸部 3D-CT の肺葉容積を短時間で演算できるようになり、術後肺機能の予測に有用と考えられた。

2. 研究の目的

研究期間開始時に研究代表者らはす

で胸部 3D-CT から各肺葉の容積をコンピュータで半自動的に算出する CAD を開発済みであった (半自動 CAD)。本 CAD では MPR 矢状断の 1 断面で右肺の上下葉間、上中葉間、中下葉間、左肺の上下葉間を読影者トレースして葉間裂の位置を入力すると、残りの葉間裂はコンピュータが 3 次的に計算し、肺葉を分割する。1 断面だけですむのでマニュアル法に比べれば入力の手間や時間はかなり少なくてすむ。

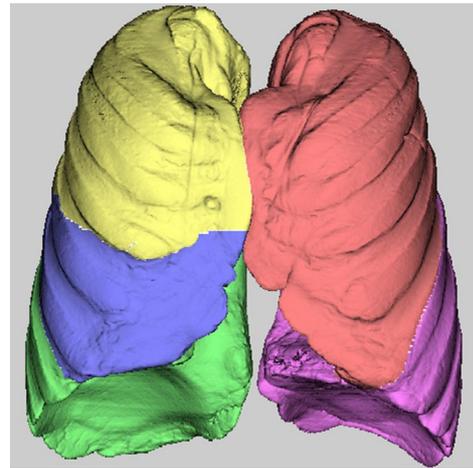


図 1 半自動 CAD による肺葉分割

しかし一部とはいえ、読影者が入力する手法では入力位置の違いによって肺葉分割の結果に不一致が生じる可能性がある。この問題を解消するため研究代表者らは読影者の入力を必要としない全自動肺葉分割 CAD の開発を目指した (全自動 CAD)。その際に用いたのが各肺葉に分布する葉気管支の分布から葉間の位置を推定し、葉間裂を検出するというアルゴリズムである。そして研究期間の 2 年目に読影者の位置入力をまったく必要としない全自動 CAD の開発に成功した。

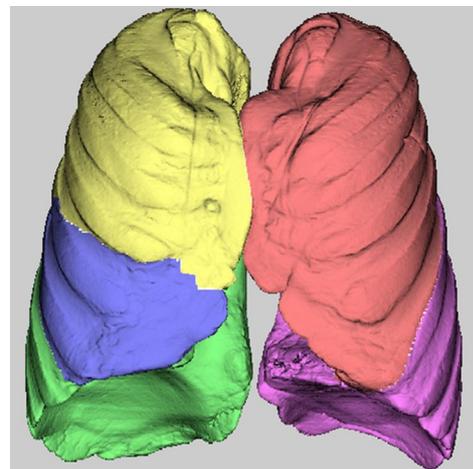


図 2 全自動 CAD による肺葉分割

そこで半自動・全自動 CAD を使用した場合の肺葉容積計測の精度および計算時間について、従来法（区域数法、slice-by-slice 法）を比較し、CAD を用いた術後肺機能予測の可能性について検討を行った。

3. 研究の方法

本研究の遂行にあたっては名古屋大学医学部生命倫理委員会に研究計画を申請し、その承認を得た。

名古屋大学医学部附属病院において過去に肺癌に対する手術治療を予定された患者 50 症例（男性 37 例、女性 13 例）を選択し、その術前 3D-CT データ（DICOM データ）を院内の PACS サーバより抽出した。これらのデータを画像解析用のワークステーションに転送し、区域数法、slice-by-slice 法、半自動 CAD、全自動 CAD の 4 手法を用いて各症例の 5 肺葉の容積および気腫容積を計算した。半自動 CAD と全自動 CAD については 2 名の放射線科医が計測を行い、容積計測に要する時間も計測した。

肺葉容積のゴールドスタンダードには slice-by-slice 法で計測した結果を用いた。そしてこのゴールドスタンダードと、区域数法、半自動 CAD、全自動 CAD で求めた計測値との相関をピアソン相関係数で比較した。また半自動 CAD と全自動 CAD の計測時間を比較した。

4. 研究成果

区域数法によって計算した肺葉容積とゴールドスタンダード（slice-by-slice 法）とのピアソン相関係数は、右上葉 0.673、右中葉 0.499、右下葉 0.857、左上葉 0.760、左下葉 0.804 であった（図 3）。

半自動 CAD によって計測した肺葉容積とゴールドスタンダードとのピアソン相関係数は、右上葉 0.998、0.995、右中葉 0.991、0.983、右下葉 1.000、0.999、左上葉 0.998、0.992、左下葉 0.999、0.993 であった（図 4）。

全自動 CAD によって計測した肺葉容積とゴールドスタンダードとのピアソン相関係数は、右上葉 0.990、0.990、右中葉 0.865、0.865、右下葉 0.958、0.958、左上葉 0.990、0.990、左下葉 0.993、0.993 であった（図 5）。

全自動・半自動 CAD は従来法（区域数法）と比べて明らかにゴールドスタンダードとの相関が強く、正確に肺葉容積を

計測できるものと考えられた。

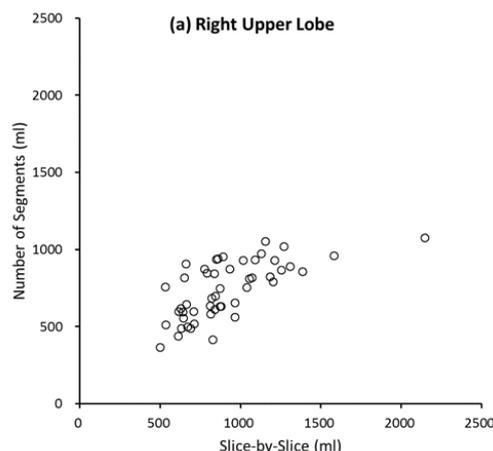


図 3 右上葉容積に関する区域数法と slice-by-slice 法の相関

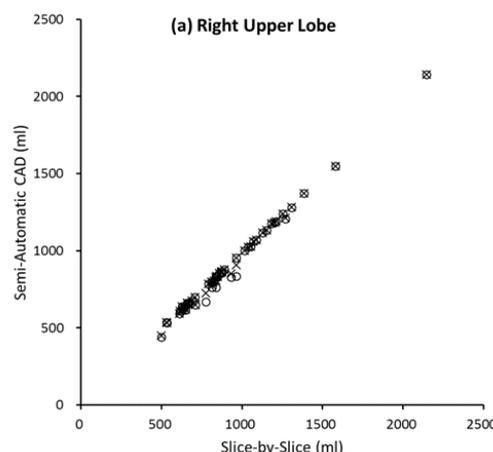


図 4 右上葉容積に関する半自動 CAD と slice-by-slice 法の相関

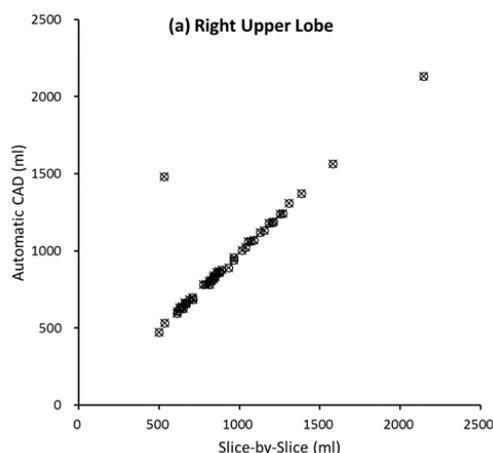


図 5 右上葉容積に関する全自動 CAD と slice-by-slice 法の相関

また表 1 に示すように、各肺葉に分布する肺気腫領域の容積についても半自動・全自動 CAD の結果はゴールドスタンダードと強い相関を示しており、正確に気腫容積を計測できると考えられた。

	右肺			左肺	
	上葉	中葉	下葉	上葉	下葉
半自動 CAD					
読影者 A	1.000	0.997	1.000	1.000	1.000
読影者 B	0.999	0.993	1.000	1.000	1.000
全自動 CAD					
読影者 A	1.000	0.864	0.983	1.000	1.000
読影者 B	1.000	0.864	0.983	1.000	1.000

表 1 気腫容積計測に関する CAD とゴールドスタンダード間のピアソン相関係数

半自動 CAD と全自動 CAD を比較すると全自動 CAD の相関係数が若干低かったが、これは全自動 CAD が気管支樹をうまく認識できず、肺葉分割がうまくできなかった症例が 3 例存在したためである。これらについては半自動 CAD では正確に肺葉分割できたので、全自動 CAD でうまく計測できない症例については半自動 CAD で修正するのが妥当と考えられた。

その一方で、全自動 CAD ではその性質上、読影者間の不一致はまったく存在しないという利点がある。

また容積計測に要する時間も全自動 CAD は半自動 CAD の 1/2~2/3 であった (表 2)。なお slice-by-slice 法による肺葉分割については 1 症例あたり約 8-10 分を必要とするため、CAD により読影者の労力・時間を大幅に減らすことができると考えられた。

	半自動 CAD	全自動 CAD
読影者 A	1.2 分	0.8 分
読影者 B	1.4 分	0.6 分

表 2 肺葉分割に要した時間 (1 症例あたり)

以上の結果より、本研究で開発された半自動・全自動 CAD は短時間で簡便に、かつ従来法 (区域数法) より正確に肺葉容積および気腫容積を計測することができることが証明された。半自動 CAD と全自動 CAD の機能は相補的であり、計測時間の短い全自動 CAD でまず測定し、うまく測定できない症例に対しては半自

動 CAD を用いることが実用的である。肺葉分割 CAD を肺癌術前患者の 3D-CT に応用すれば、肺葉切除術後肺機能を従来よりも正確に予測することが可能になり、手術計画に大きく寄与するものと考えられた。

本研究結果については 2012 年 7 月 2013 年 4 月に国内学会 (日本医学放射線学会第 152 回中部地方会および第 72 回日本医学放射線学会総会) で発表した。さらに 2013 年 7 月には呼吸器外科系の英文雑誌 Interactive Cardiovascular Thoracic Surgery に査読付き論文として掲載された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Iwano S, Kitano M, Matsuo K, Kawakami K, Koike W, Kishimoto M, Inoue T, Li Y, Naganawa S.

Pulmonary lobar volumetry using novel volumetric computer-aided diagnosis and computed tomography. 査読有
Interact Cardiovasc Thorac Surg. 2013 Jul;17(1):59-65.

〔学会発表〕(計 2 件)

岩野信吾、長縄慎二他

Pulmonary lobar volumetry using novel volumetric computer-aided diagnosis and computed tomography.

日本医学放射線学会第 72 回総会、2013 年 4 月 14 日、パシフィコ横浜 (横浜市)

岩野信吾、長縄慎二他

胸部 3D-CT による肺葉容積計測：全自動肺葉分割 CAD の精度
日本医学放射線学会第 152 回中部地方会、2012 年 7 月 1 日、岐阜大学 (岐阜市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩野 信吾 (IWANO SHINGO)

名古屋大学・医学系研究科・准教授

研究者番号：90335034

(2) 研究分担者

長縄 慎二 (NAGANAWA SHINJI)

名古屋大学・医学系研究科・教授

研究者番号：50242863

(3) 連携研究者

宇佐美 範恭 (USAMI NIRIYASU)

名古屋大学・医学部附属病院・助教

研究者番号：30378179