

令和 2 年 6 月 17 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K09601

研究課題名（和文）呼吸音の自動解析・共有システムの確立と在宅・遠隔医療への展開

研究課題名（英文）Automatic analysis of lung sound and its application to remote medicine

研究代表者

田坂 定智（Tasaka, Sadatomo）

弘前大学・医学研究科・教授

研究者番号：70276244

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：間質性肺炎や慢性閉塞性肺疾患（COPD）、気管支拡張症などの呼吸器疾患の患者から呼吸音データを収集・解析を行った。聴診所見の検討会を開催するとともに、医療従事者向けの教育ツールを作成した。こうした取り組みにより呼吸音データの質や再現性、自動解析の正診率の向上が得られた。並行してFM電波を用いるワイヤレス聴診装置を開発したが、ノイズが多かったため、Bluetoothを用いる形式に変更し、使用感が向上した。診察した医師による診察時の評価と録音した呼吸音データを用いた評価の間で、ほぼ100%の一致率が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

呼吸器疾患では様々な異常呼吸音や副雑音が聴取され、聴診は診断や病態の評価に重要である。しかし聴診所見の評価は定性的であり、過去の聴診所見との比較や他の医療従事者との共有も困難である。我々は小型マイク内蔵の聴診器を用いて呼吸音を収集し、音響的特徴に基づいた独自のアルゴリズムにより自動的に解析するシステムを構築した。呼吸音データの共有により、呼吸器疾患患者の病診連携の質の向上が期待される。また経時的に呼吸音データを記録・解析することで、治療効果の判定や病勢悪化の検出が可能となり、治療内容の最適化への貢献が期待される。

研究成果の概要（英文）：We collected and analyzed lung sound data from patients with respiratory diseases such as interstitial pneumonia, chronic obstructive pulmonary disease (COPD), and bronchiectasis. A study meeting on auscultation findings was held and an educational tool for medical staff was developed. These efforts have improved the quality and reproducibility of lung sound data and the accuracy of automatic analysis. In parallel, we developed a wireless auscultation device that uses FM radio waves, but since there was a lot of noise, we changed to a form that uses Bluetooth and improved usability. A nearly 100% concordance rate was obtained between the assessment by the examining physician and the assessment using the data of recorded lung sound.

研究分野：呼吸器内科学

キーワード：呼吸音 自動解析 呼吸器疾患 遠隔医療

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

呼吸器疾患では様々な異常呼吸音や副雑音が聴取され、聴診は診断や病態の評価に重要である。しかし聴診所見の評価は定性的であり、過去の聴診所見との比較や他の医療従事者との共有も困難である。我々は聴診器に内蔵した小型マイクと小型タブレット端末 (iPod touch®) を用いて呼吸音を収集し、音響的特徴に基づいた独自のアルゴリズムにより自動的に解析するシステムを構築してきた (右図)。また収集した呼吸音を音声ファイルとして保存し、反復して聴くことで診断精度が向上することや、過去の音声データと比較することで呼吸音の経時的変化の評価が可能であることも示してきた (Tasaka S, et al. *Pulm Res Respir Med Open J* 2016)。



呼吸音は聴診している者にしか聞こえないことから、他の医療従事者との共有が難しい。我々が開発したシステムでは呼吸音を音声ファイルとして保存し、電子メールなどで送ることにより、専門医間での共有が可能であることも示した。

2. 研究の目的

第一の目的として、呼吸音データの施設間での共有を図り、病診連携における有用性を明らかにすることを目指した。具体的には呼吸音の音声ファイルを医療機関の間で共有し、呼吸音の録音手技および評価の統一に向けた基礎的データを収集する。これまでの検討から、専門医間でも呼吸音診断の一致率は 60%程度であることから、自動解析を併用した場合としない場合とで診断率がどの程度変化するかを専門医、非専門医、看護師を対象として検討する。これと並行して、同一患者で経時的に呼吸音データを記録・解析することにより、治療介入や病勢の悪化による聴診所見の変化を検出可能か検討することを目的とした。

次に在宅医療や遠隔医療への応用の可能性を明らかにすることを目的とした。具体的には、訪問診療や訪問看護を受けている患者を対象として、訪問看護師や患者家族が記録・送信した呼吸音データを主治医あるいは専門医が評価することにより、誤嚥性肺炎や慢性呼吸器疾患の急性増悪など患者の状態の変化と呼吸音との関連について評価し、自動解析により検出可能かについても検討する。最終的には、患者家族でも実施可能な呼吸音記録手技のマニュアル化を行うとともに、自動解析を補助診断ツールとした肺炎や慢性呼吸器疾患の急性増悪の早期発見システムも構築を目指した。

3. 研究の方法

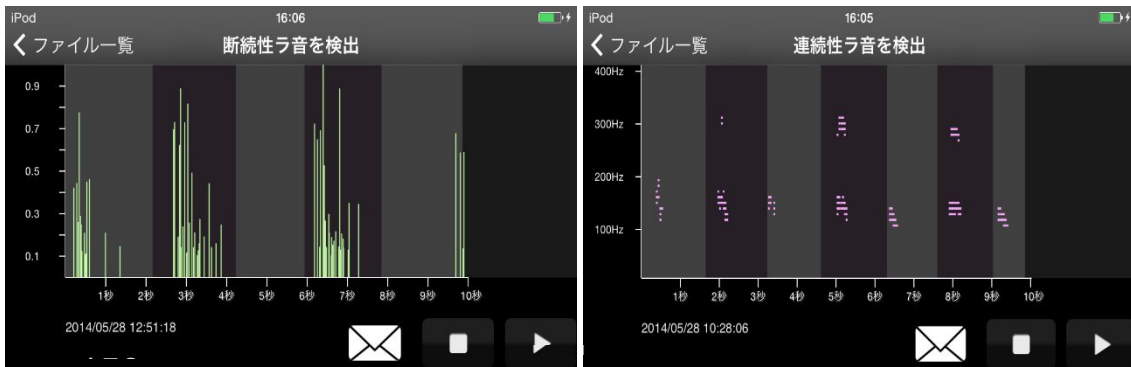
気管支喘息、間質性肺炎など様々な呼吸器疾患の患者から呼吸音データの収集を行った。また訪問診療を行っている医師を研究協力者とし、呼吸音の録音・解析に関する説明およびトレーニングを実施した。咳や息切れなどの呼吸器症状を訴える患者から研究協力者が聴診器に内蔵した小型マイクと小型タブレット端末 (iPod touch®) を用いて呼吸音を録音し、録音した呼吸音データの質や再現性に関する基礎的データを収集した。呼吸音を録音し、診察した医師による診察時の評価、録音した呼吸音を診察医が反復して聴き直した際の評価、録音した呼吸音を呼吸器専門医 (研究代表者など) が聴いた際の評価、自動解析による評価を比較し、一致率 (κ 係数) を求めた。不一致がある場合にはその要因を明らかにするとともに、自動解析の精度向上を図り、診断補助ツールとして最適な感度を求めた。また研究協力者を交えた検討会を開催し、収集した呼吸音を相互に評価し、呼吸音の録音手技および評価基準の統一を図り、マニュアル化を行った。また最終診断に基づいて疾患別の呼吸音データベースを構築し、疾患別に呼吸音の自動解析による診断の感度・特異度を検討した。

青森県内の医療機関と協力し、呼吸音データの質や再現性に関するデータを収集した。また画像データと合わせて遠隔医療における有用性についても検討を行った。具体的には呼吸音データの有無により専門医・開業医による診断が変化するか、最終診断との一致率がどの程度かを検討した。

4. 研究成果

(1) 呼吸音データの収集と解析

研究協力者とともに間質性肺炎や慢性閉塞性肺疾患 (COPD) などの呼吸器疾患患者から呼吸音データを収集・解析を行った。呼吸音の録音・解析に関するマニュアルを作成し、専門以外の医師や医療従事者でも収集・解析が可能なるようにした。録音した呼吸音データの質や再現性については、概ね良好なものであった。当初、教育用聴診器 (teaching stethoscopes) を改造して呼吸音の収集を行う予定であったが、聴診器のチェストピースの性能が不十分と判断されたため、リットマン社の Cardiology™ 聴診器の部品を用いて、携帯性に優れた独自の聴診装置を作成した。診察した医師による診察時の評価と録音した呼吸音を診察医が反復して聴き直した際の評価については、ほぼ 100% 一致する結果であった。また録音した呼吸音を呼吸器専門医が聴いた際の評価と非専門医による評価については、研究開始当初は 80% 程度の一致率であったが、検討会を重ねる毎に一致率が上昇し、最終的にはほぼ 100% の一致率が得られた。非専門医においては、呼吸音の解釈や聴診所見による呼吸器疾患の診断に関して教育の余地があることが示唆された。



呼吸音の解析結果の例

断続性ラ音(左)の場合、検出位置がグリーン色の線分で表示され、各線分の長さが断続性ラ音の相対振幅値を表している。一方、連続性ラ音(右)の場合、検出位置がピンク色の曲線で表示され、縦軸が周波数を反映している。

(2) 病院間での呼吸音データの共有と解析

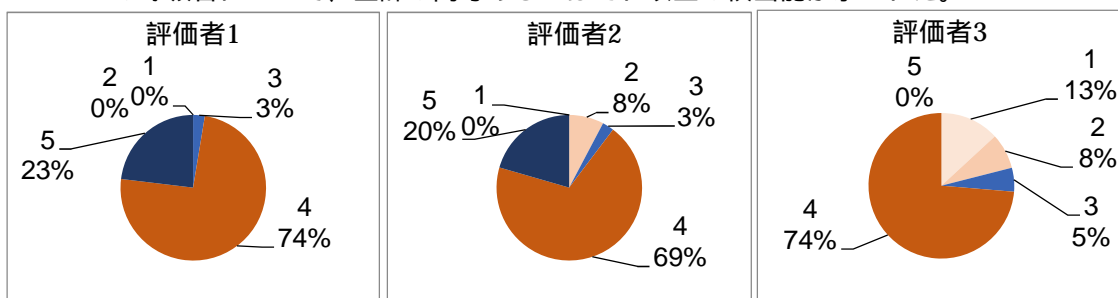
医療機関の間での呼吸音データの送信についてテストを行い、共有された呼吸音データが診断に十分な質を持っているかを検討した。呼吸音を録音した診察医と送信された呼吸音データを評価した医師との診断一致率は59%であったが、患者の年齢、性別、主訴といった簡単な臨床情報を付加するだけで92%まで向上した。実臨床でも聴診所見のみで診断することを考慮すれば、呼吸音データの共有が遠隔診療に十分役立つものと考えられた。

専門医の間で解釈が分かれたものとして、肺炎などを示唆する coarse crackles と間質性肺炎や肺線維症を示す fine crackles との判別があった。3名の専門医に診断名を伏せて呼吸音データを評価させた後に、画像所見や呼吸機能を交えて協議したところ、coarse crackles と fine crackles との境界がおおむね180Hzであることが明らかになった。



(3) 自動解析ソフトウェアの改良

呼吸音の自動解析については、バンドパスフィルタで心音等の低域ノイズを除去した後、ヒルベルト変換で波形を平滑化処理して包絡線の極大値を求める方法を採用した。また平滑化した時間周波数成分との比を算出し、当該比の偏差値を算出して突出した時間周波数成分を抽出することで連続性ラ音を検出するなどアルゴリズムの改良を行った。50件の呼吸音データの自動解析結果について3名の専門医が5段階(5:医師が聞き逃す副雑音も検出、4:医師が確認できる副雑音を検出、3:これだけは表示すべきという副雑音を検出、2:これだけは表示すべきという副雑音を検出されていない、1:医師の解釈と異なる結果を表示)で評価した。結果として74~97%の呼吸音について、医師と同等あるいはそれ以上の検出能が示された。



(4) 聴診装置の改良

平成29年度に作製した聴診装置については、コード類が多く携帯に不便であったため、FM電波を用いたワイヤレス聴診装置を新たに開発した。その結果、使用感は向上したがノイズが多く、聴診に支障を来した。このためBluetoothを用いる形式に変更し、診察した医師による診察時の評価と録音した呼吸音を診察医が反復して聴き直した際の評価については、ほぼ100%一致する結果であった。また録音した呼吸音を呼吸器専門医が聴いた際の評価と非専門医である開業医や保健師による評価とでは、当初は80%程度の一致率であったが、検討会を重ねることで90%以上の一致率が得られた。聴診に関して医療従事者に対する教育の余地があることが改めて示唆された。呼吸音を録音・評価・自動解析に当たって診断不一致の最大の要因であるノイズについては、ノイズキャンセリングの改良に加えて、聴診器のチェストピースの改良を行っており、診断に支障のないレベルにまで改善が得られている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Tasaka S, Saraya T, Kuraishi H, Simbara H, Oda K, Takizawa H.	4. 巻 SE
2. 論文標題 Consistency of Interpretation of Lung Sounds between Experienced Physicians and Automatic Analysis Using a Newly Developed Algorithm Based on the Acoustic Characteristics	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Pulmonary Research and Respiratory Medicine - Open Journal	6. 最初と最後の頁 S8 ~ S11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.17140/PRRMOJ-SE-1-103	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Mikura S, Saraya T, Minami T, Satoh T, Oda K, Shimbara H, Tasaka S, Kuraishi H, Takizawa H.	4. 巻 SE
2. 論文標題 Diaphragm Ultrasonography as a Tool to Assess Paradoxical Breathing in a Patient With Asthma Attack	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Pulmonary Research and Respiratory Medicine - Open Journal	6. 最初と最後の頁 S14 ~ S16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.17140/PRRMOJ-SE-1-105	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 1件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Sadatomo Tasaka
2. 発表標題 Sharing lung sounds with medical students in bed-side teaching
3. 学会等名 International Lung Sound Association 2019（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田坂定智
2. 発表標題 呼吸器疾患の遠隔診療
3. 学会等名 第51回日本小児呼吸器学会総会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sadatomo Tasaka
2. 発表標題 Sharing lung sounds between medical professionals in distant hospitals
3. 学会等名 International Lung Sound Association 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----