

令和3年度労災疾病臨床研究事業費
研究課題名「モニターを用いたじん肺画像診断に関する研究」
研究代表者：芦澤和人

研究結果の概要

I 研究目的

中央および地方じん肺診査医会においては、デジタル画像のモニター診断の普及の遅れにより、未だにエックス線フィルムを用いた審査が行われているのが現状である。さらにはじん肺画像診断に精通したじん肺診査医の不足といった問題点も指摘されている。

平成29年～令和元年度の厚生労働科学研究費補助金芦澤班「じん肺エックス線写真による診断精度向上に関する研究」では、「じん肺標準エックス線写真集」に記載されている症例の見直しやモニター診断に用いるモニターの至適条件の最適化を行っている。さらに、デジタル画像の利点を活かして、じん肺のPR0/1と1/0の鑑別に焦点をおき、CT画像の定量化やコンピュータ支援診断（CAD：Computer aided detection / diagnosis）を応用したじん肺診断支援システムの開発を試みている。

このような状況を踏まえ、本研究では、(1) 前述の芦澤班の研究を継続し、3次元CT画像を用いて粒状影を葉別に高精度に半自動抽出し、粒状影の個数、大きさ、分布を重症度別に比較評価して定量的な病型区分を作成する。次に、作成したじん肺画像データベースと3DU-Netを用いて3次元CT画像から粒状影を高精度に検出するじん肺診断支援システムを開発する。(2) デジタル画像の読影のマニュアル化を試みる。具体的には、じん肺を適切に診断、評価できるよう、「じん肺画像診断テキスト～じん肺を正しく診断するためのポイント～（冊子版及び電子版）」（以下、診断テキスト）を作成する。(3) 地方じん肺審査におけるモニターの導入状況・使用状況や問題点を地方じん肺審査医へのアンケート調査で把握し、それを基に、じん肺審査におけるモニター診断の普及、遠隔画像診断のネットワーク体制の構築を図る。

II 研究方法

じん肺診断支援システムについて、じん肺の粒状影を半自動抽出するとともに、1～2名により読影を行い、データベースを作成した。これを用いて肺葉別に粒状影の定量的な病型区分を行った。更に上記で構築されたデータベースから肺葉別の粒状影、血管、

胸壁の情報を多段的に用いて 3DU-Net を学習した後に 3 次元 CT 画像から粒状影を高精度に抽出する手法を研究開発した。

「診断テキスト」について、その対象を、典型的な珪肺、その他のじん肺、珪肺の合併症、粒状影の鑑別疾患、石綿肺、不整形陰影の鑑別疾患とし、診断に CT が有用であったものも含めた。症例は、厚生労働科学研究費補助金労働安全衛生総合研究事業の平成 26～28 年度「じん肺の診断基準及び手法に関する調査研究」、および平成 29 年～令和元年「じん肺エックス線写真による診断精度向上に関する研究」において収集したものに、岡山労災病院、天理よろづ相談所病院、長崎大学、諫早総合病院から提供されたものから合議により選出した。テキストは、研究分担者と研究協力者の全員で分担執筆することとした。構成は、じん肺の画像診断に不慣れな医師でも、通読することでじん肺の画像診断を系統的に学習できるよう配慮した。

電子版について、その役割を検討し実現のために必要な技術的な課題を明らかにした。それを解決できるソフト開発ベンダーを探し、システムエンジニアと解決策を検討し、電子版を製作した。

令和 2 年 11 月もしくは 12 月に開催されるじん肺診査医会で回答いただくように、全労働局にアンケートの送付を行った。内容は、モニターの導入状況・使用状況、じん肺審査での問題点、サポートの必要性についてであった。

情報通信機器を用いて遠隔でじん肺審査を行うネットワークの構築のために、どのような枠組みを構築し、インフラストラクチャーを整備すればよいかを課題とした。併せて、遠隔じん肺審査に係る課題や問題点の抽出を行った。

III 研究成果

定量的な病型区分では、重症度が上がるにつれ、粒状影数が多く、直径も大きくなっていった。単位体積あたりの粒状影数の平均値は上葉が多く、中・下葉ではほとんど差がなかった。比は各葉においてほぼ一定であり、一様に増加していることがわかった。特に右上葉が 1 より大きく、中葉と下葉は 1 より小さかった。3 次元 CT 画像による 3D-UNet を用いた粒状影抽出法を 2 症例の右上葉に適用した。それぞれ感度 88.9%、適合率 94.1%、感度 92.0%、適合率 98.9%であった。

じん肺画像診断テキスト冊子版は、全 34 症例の構成で総頁数 109 頁にて令和 4 年 1 月末に上梓となった。電子版ではどの画面からも前後のページや症例、目次に移動できる。また DICOM (Digital Imaging and COmmunications in Medicine) 画像ビューア機能を搭載している。当該症例と鑑別すべきじん肺標準 X 線写真や疾患の X 線写真の比較も可能である。ソフト開発には PSP 株式会社 (本社東京) にご協力いただいた。

アンケート調査に対し、令和 3 年 5 月 18 日時点で 44 労働局から回答があった (回収率 93.6%)。半数強 (55%) の労働局において診断用モニターが導入されており、その

全てで DICOM 規格準拠のビューアが導入されていた。モニターはほとんど 3 メガピクセルの解像度で、2 面（あるいは相当）が用意されており、カラーモニターが多数（83%）であった。キャリブレーションは 3/4 の労働局で行われていた。令和 2 年導入の労働局が多く、財源は、ほとんどが労災保険特別会計労災勘定であった。モニターで見ている画像は多く（83%）が胸部単純写真及び CT であった。モニターの方が審査しやすいが 58%であった。今後のモニターの導入予定は、令和 3 年予定が 4 労働局、検討したいか検討中が 12 局であった。フィルム出力のできない施設が多くなっているのご指摘が 4 局からあった。フィルムよりモニターで見たいとのご意見が 2 局、モニターへの統一の要望が 2 局からあった。審査時に CT 画像が欲しいという意見が 9 局からあった。じん肺の型分類を含めた判定において、39%の労働局からじん肺に精通した医師による遠隔のサポートを必要とするとの回答を得た。

平成 29 年～令和元年度厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）「じん肺審査におけるモニター読影ソフトの構想に関する研究」（研究代表者 芦澤和人）において、著者らは、3MP 医用高精細モニターとじん肺読影に特化した読影ソフトからなる「じん肺用 DICOM ビューアシステム（PAXiS-じん肺ビューア）」を考案した。これに画像登録処理用ソフト（PAXiS-Importer）を追加することで、オンラインで画像サーバに登録処理を行うことができる。

遠隔画像診断ネットワークは、これらをネットワークで接続して地方じん肺審査を行う各地方労働局と中央じん肺審査医会が行われる厚生労働省を結び、じん肺審査、コンサルテーション、オンライン研修などを施行するものである。クラウドまたはオンプレミスサーバに画像を集積しコンサルテーションとじん肺審査を行う。画像以外の紙ベース運用がなされているものについては、可能なものはスキャンや提出書類そのもののデジタル化を図り、難しい場合は「書画カメラ（実物投映機）」を用いて、ウェブ会議システム上で、共有する。地方じん肺審査で専門家による遠隔サポートを受けたい場合、申請者の胸部 X 線 DICOM 画像を、画像サーバに VPN（Virtual Private Network）通信で送信する。地域コードを自動付加して画像を送信することで、画像を一元管理することができる。専門家は最寄りの地方労働局で DICOM 画像を参照しながら、地方じん肺診査医に意見を述べることができる。

IV 結論

肺葉分割したデータベースを用いて、重症度別に単位体積あたりのじん肺の粒状影数と分布について調べた。重症度が高いほど全肺葉で粒状影数が多く、上葉が多かった。重症度間で各肺葉の粒状影の分布割合に差はなかった。じん肺の重症度の区分には粒状影数が重要であることが分かった。3DU-Net を用いて高精度に粒状影を抽出する手法を開発した。システム化することにより臨床現場で利用できる。

「じん肺画像診断テキスト～じん肺を正しく診断するためのポイント～（冊子版）」の

作成を目的とし、疾患と症例の選出を行い、令和4年1月に上梓した。冊子版とDICOMビューア機能を持った電子版のそれぞれの利点を生かして、じん肺疾患のエキスパートにも初学者にも、活用していただけるものと自負している。

前回調査のフォローアップとネットワーク体制構想の検討のため、地方じん肺診査医にアンケートを行った。令和3年5月18日時点で回答のあった44労働局からの回答をまとめた。

医療画像のデジタル化の進行、じん肺に精通した地方じん肺診査医の減少に対する対策として、全地方労働局に読影用の高精細デジタルモニター設置がほぼ完了した現状を踏まえ、我々が開発した「じん肺用DICOMビューアシステム」をネットワークで接続し、ウェブ会議システムと連動して使用する遠隔じん肺審査ネットワークシステムを考案した。これにより、各地方じん肺診査医と中央じん肺診査医を結んだコンサルテーションシステムやウェブ審査の導入、オンライン中央じん肺診査医会、地方じん肺診査医の診断能向上のためのオンライン研修導入などを検討し、じん肺審査の質と効率を向上させていく必要がある。

V 今後の展望等

3DU-Netを用いて高精度に粒状影を抽出する手法を開発した。今後は、これをシステム化することにより臨床現場で利用できるようにする必要がある。

本邦において、じん肺は過去の疾患と考えられがちであるが、粉じん作業労働者数は令和2年度でも58.2万人、じん肺健康診断受診労働者数は27.2万人と少なくない。これらを見逃さず、正しく診断するには、日常診療に従事する多くの医師が、じん肺のX線写真所見を正しく理解する必要がある。そのためには、基本から学べる診断テキストが極めて有用である。また、じん肺診療に携わる専門医において、じん肺の型分類や他疾患との鑑別などで悩む事もあると思われ、その際に本テキストは参考資料として活用できる。特にじん肺においては、極めて微細な粒状影や不整形陰影について評価する必要があることから、電子版テキストでは、X線写真や胸部CT画像はDICOM画像として保存され、画面の拡大、病変の大きさの計測、ウインドウ幅やウインドウレベルの変更などのDICOMビューア機能が搭載されている。今後は、本テキストの普及を図る必要がある。

中央および地方じん肺診査医会においては、未だにエックス線フィルムを用いた審査が行われているのが現状であり、デジタル画像によるモニター診断の普及は急務である。さらに、じん肺に精通した臨床医が減少してきており、じん肺審査における遠隔画像診断のネットワーク体制の構築が必要と考えられる。大部分の労働局に高精細モニターが配置されたことから、アンケート結果の遠隔のサポートを望む声にも対応すべく、具体的なネットワーク遠隔画像診断システムの構築開始を目指す必要がある。