

別表1 CRの撮影表示条件

		審査受付条件	申請者
撮影条件			
撮影条件	電 圧 [kV]	110～140	
	焦点被写体間距離[cm]	180～200	
装置等	(1)グリッド		
	高密度グリッド使用で撮影電圧が120[kV]前後	格子比 12:1	
	上記以上の撮影電圧	格子比 14:1	
	(2)空間分解能(画素数)		
	フィルムサイズがフルサイズ(半切)の場合、イメージングプレート読み取り画素数[pixel]	3500×3500 以上	
画像処理条件			
階調処理	肺野部の最高濃度	1.6～2.0程度	
周波数処理	低空間周波数(0周波数)成分に対して高周波成分(0.2cycle/mm以上)におけるレスポンス(なお、濃度に応じて周波数応答を変化させる場合であっても、右記範囲内であること。)	1.0～1.2 倍程度	

そ の 他					
富士写真フィルム①	回転量(GA)	0.9~1.0			
	階調シフト(GS)	-0.2~-0.1			
	周波数強調度(RE)	0.0~0.2			
	周波数ランク(RN)	4			
富士写真フィルム②	回転量(GA)	0.9~1.0			
	階調シフト(GS)	-0.2~-0.1			
	周波数強調度(RE /MRE)	0.0~0.2/0			
	周波数ランク(RN /MRB)	4/C			
	DRN /MDB	2/A			
	DRT /MDT	B/B			
	DRE /MDE	0.0~0.6/0.0~0.6			
コニカミノルタ①	肺野濃度	1.6~1.8			
	強調度	0.1~0.3			
	マスクサイズ	7			
	LUT	THX-2			
コニカミノルタ②	肺野濃度	1.6~1.8			
	HE タイプ	HE-STANDARD2			
	HE 強調度(低濃度側強調)	0.00~0.30			
	HE 強調度(高濃度側強調)	0.00			
	HF タイプ	HF-STANDARD5			
	HF 強調度(低濃度側強調)	0.00			
	HF 強調度(高濃度側強調)	0.00~0.30			
	LUT	THX-2			
コダック株式会社	Density Shift	-0.3			
	Contrast Factor	1.6~1.8			
	Matrix Size	35~75			
	High Density Boost	0.05~0.1			
	Low Density Boost	0.00~0.05			
ケアストリームヘルス株式会社	※	①	②	③	④
	Brightness	6	6	6	7
	Latitude	-4~2	-4~2	-6	-5
	Detail Contrast	-7	-8	-6	-6

高知でのじん肺症例収集と高精細モニター間のじん肺読影検討

研究協力者：菅沼成文（高知大学医学部環境医学）

濱田典彦（高知大学医学部放射線医学）

窪田哲也（高知大学医学部血液・呼吸器内科）

森田賢（近森病院画像診断センター）

研究要旨

高知大学では高知の協力病院においてフォローされている約 100 名の患者と 40 名程度のコントロールの胸部画像および呼吸機能検査を収集し、じん肺症例データベースを作成し、胸部画像と呼吸機能検査との関連性を検討している。これらの症例については、吸気及び呼気の MDCT を 0.675mm のコリメーションで撮影し、そのボリュームデータおよび 1.25mm に Bone algorithm を用いて再構成した画像データを保存している。これらの症例集にはスパイロによる呼吸機能検査結果もっており、画像については胸部単純画像と CT, そしてその画像情報と生理機能についての検討が可能である。この中から、代表的な 21 例を選びだし、モニター上での診断に高精細モニターの解像度が影響するかを検討するため、解像度の異なる 5MP, 3MP, 3MP カラー、2MP 高精細モニターでの画質評価、陰影密度、大陰影、肺気腫などのスコアを比較し、モニター間での差を検出するかどうかを検討した。3 名の医師（放射線科医、呼吸器内科医、産業医 (B reader)）により 4 つのモニターを用いて読影実験を行った。分析には 21 例分×3 名の読影者×4 種のモニター=252 例を対象とし、読影者内一致度、読影者間一致度を κ を用いて検討した。また、モニター間の差を検討するため、症例差、読影者の差を考慮して、繰り返しのある二元配置分散分析で検討した。その結果、各読影者間の一致はある程度よく、4 段階尺度では $\kappa=0.43-0.74$ と良好な一致を示していた。モニター間の差の読影結果（画質評価、陰影密度 (PR)、大陰影、融合像、気腫）に対する影響を、読影者の差、症例間の差などを考慮して繰り返しのある 2 元配置分散分析で行ったところ、画質について読影者間の差が、大陰影についてモニター間の差が検出された以外は有意な差を認めなかった。大陰影についてのモニター間の差は、融合像を考慮して、大陰影あるいは融合像がある場合で比較すると、有意な関係が消滅した。このことは、大陰影の判定にモニターの解像度の差が影響を与えている可能性を示唆しているが、詳細は更なる検討が必要である。読影結果はモニターの差よりも読影者の差が大きかったため、読影結果の標準化のための何らかの研修を定期的に行うことが必要と思われるし、肺機能検査や MDCT など裏付けのある症例を用いての検討が必要と思われる。これについてのパイロット研究で肺機能と胸部エックス線検査による大陰影の程度とに相関がみられた。

A. 研究目的

じん肺の医学的スクリーニングは世界中で胸部エックス線写真を用いて、陰影の密度を分類するじん肺エックス線分類が用いられており、わが国でもじん肺健診として胸部単純エックス線直接撮影が用いられてきた。近年のコンピュータ技術の恩恵により、胸部単純エックス線写真もイメージングプレートを用いた Computed Radiography (CR) や大型のフラットパネル検出器を用いた Digital Radiography (DR) などのコンピュータ技術を用いたデジタルエックス線検査が可能となり、わが国では2000年にCRが、2007年末にDRがじん肺診断用の推奨パラメータの提示とともに厚生労働省から認められた。ところが、現時点での運用はフィルムイメージャーにより出力することが前提であり、じん肺分類においてはDRの利点であるフィルムレス、モニター上での診断は殆ど利用されていない。

ILO じん肺分類の最大の利用者である米国では、専門施設における胸部エックス線のデジタル化が進み、じん肺分類についてもデジタル撮影の利用許可が求められており、これを管轄する米国産業安全衛生研究所 (NIOSH) においてDRのじん肺健診導入のためのワーキングが立ち上げられ、検討が行われている。米国においてはDR等の出力フィルム (hard copy) を使うという発想はあまりなく、少ない検討結果からもモニター上で表示された soft copyの方が hard copyよりも画質がよいとされている (Franzblau 2009)。

これらのデジタルエックス線画像の利点をじん肺分類に応用するため、解像度の異なる高精細モニターでの画質評価、陰影密度、大陰影、肺気腫などのスコアを比較し、モニター間での差を検出するかどうかを検討した (実験1)。

これらの約100症例の胸部画像についてILO国際じん肺分類によるNIOSH B readerによる読影結果と肺機能検査結果について、比較検討を行い胸部単純デジタルエックス線画像と肺機能と

の関連について検討を行った (実験2)。

また、NIOSH B readerの読影結果のように再現性のある読影技術を一般医師に習得させるために効果的な方法を探るため、医師会の産業医研修会において実地講習として約2時間のシャウカステンを用いたじん肺読影講習会において、前後で参加者に胸部単純写真を読影させ、読影能力の向上が図れるかを検討した (実験3)。

実験1の結果については、前回報告書において一部報告してあるが、このように実施した一連の検討結果をまとめて報告する。

B. 研究方法

<実験1>

1. 対象

高知県の勤労クリニックにおいて追跡している100名のじん肺患者について、書面による承諾を得て、近森病院画像センターにおいてデジタル胸部エックス線撮影、64列多検出器 (MD) CT検査をおこなった。デジタル胸部エックス線撮影はフラットパネル型検出器 (CXDI, Canon, Inc.) を用い高圧撮影でおこない、表示条件はDR検討会報告書に示された厚生労働省推奨のじん肺表示条件を用いDICOM3.0にて保存した。MDCTは、25mAs、120kV、collimation 1.25mmで撮影し、ボリュームデータとして保存し、10mmおきにBone Algorithmで再構成したものを読影用に準備した。この中から、じん肺分類の重症度を考慮して21例の胸部画像を選択し、実験1の対象とした。

2. 読影者

読影を行なったのは、画像診断を専門とする放射線科専門医、呼吸器内科専門医、産業衛生学会専門医で米国NIOSH B reader (Wagner 1992)を保持する者の計3名の医師である。3名とも卒後15年以上の臨床経験を有し、わが国のじん肺エックス線分類に精通している。また、MDCTの読影を

行なったのは20年以上の経験を持つ放射線科専門医とB readerである。じん肺陰影の有無の判定には職業・環境性呼吸器病のための国際HRCT分類(ICOERD)を用いた。

3. 方法

5MP, 3MP, 3MP カラー、2MP 高精細モニター(すべてナナオ製)の4つのモニターを用いて読影実験を行った。ワークステーションはHP社製の高性能モデル(HP xw4600 Workstation)を用い、表示ビューアーはイメージワン社製POP-Netを用いた。すべてのワークステーションで同一性能のモニターを2面ずつならべ、2面間では表示濃度が同一となるよう調整した。

症例は読影に用いた22画像うち一画像は同一症例の繰り返しを行ったため、最終的な分析には21例分×3名の読影者×4種のモニター=252例を対象とした。読影実験は同一日に4種のモニターを検討するため、症例をあらかじめランダムに並べたものをそれぞれのモニターに表示しておき、各読影者がワークステーション間を移動して読影した。ワークステーションに設置されたモニターは筐体がほぼおなじで、品番などの表示がないため、区別がつかない状態で実験をおこなった。

じん肺分類に際しては、わが国の厚生労働省によるじん肺エックス線分類を用いて分類し、じん肺標準エックス線フィルム増補版(1982年)のすべてをデジタイザーを用いて160 μ でスキャンして得た画像を、2面のうちの片面に表示して分類を行った。

また、胸部画像のうち、特に、0/0, 0/1, 1/0と判定された症例については、MDCT結果を日下らが開発したICOERD分類(じん肺HRCT分類)を参考にして、MDCTでの存在診断をおこなった。

4. 統計学的分析

分析は、画像の画質についての4段階尺度での検討、陰影密度の12段階尺度ならびにそれをまと

めて4段階尺度にしたものを用いて、読影者内一致度、読影者間一致度を重み付けのないCohenの κ を用いて検討した。大陰影、融合像についてはそれぞれについての有無、また、大陰影と融合像のどちらかがあれば有とした場合の検討を行った。また、症例差、読影者の差を考慮してのモニター間の差を繰り返しのある二元配置分散分析で検討した。この結果を明瞭に図示するために、読影結果の平均値を使って読影者間、モニター間の結果の違いを表示した。

κ における一致の目安は、0.20未満をPoor=不良、0.20-0.40未満をFair=可、0.40-0.60をModerate=中等度、0.60-0.80をGood=良、0.80-1.00をVery good=優とした(Altman 1991)。有意水準はP=0.05とした。

<実験2>

実験2に用いたものは実験1に用いたものと同様に高知じん肺画像研究として収集された胸部画像および呼吸機能検査を実施してあった症例である。したがって、症例100のうち、一部呼吸機能検査を実施できていない場合は、対象から除外した。

胸部単純画像の読影はNIOSH B reader試験を合格した医師が読影し、ILO分類にそって小陰影の密度、大陰影の広がりをもA, B, Cとして判定した。呼吸機能検査についてはFEV1, FVCを指標として用いた。

<実験3>

実験3については、われわれが日下らを中心に収集蓄積し選び出したJPSG(Japan Pneumoconioses Study Group)の教材フィルムと福井での建設作業者スクリーニングによって選び出したHRCTの撮影されている12枚のフィルムを試験フィルムとして用いた。2時間の読影講習会前後の読影試験は、じん肺分類への習熟度の影響を無視するため、間質影の有無、胸膜プラークの有無、結節影

の有無という3項目を○×で記載する方式を採った。

産業医講習会出席者の同意を得て、講習会前後で12枚の엑스線フィルムを用いた読影テストを行い、じん肺엑스線読影に関する講習会の前後で、読影結果がどのように変わるかを検討した。正解に用いたのは、CT結果を参考に、胸部엑스線フィルム上で所見を指摘可能かどうかをNIOSH Bリーダー資格を持つ医師が判定したものをを用いた。

C. 研究結果

<実験1>

5MP, 3MP, 3MPカラー、2MP高精細モニターについて放射線医学専門医、呼吸器内科専門医、産業衛生学会専門医(NIOSH B reader)による読影実験をおこなった読影結果を表1から5までに、それぞれ画質評価、陰影密度、大陰影、融合像、肺気腫に分けて整理した。各読影者間の一致はある程度よく、重み付けをしない κ が12段階尺度で0.38-0.73、4段階尺度で0.57-0.87であった。読影者間一致度は12段階では、症例数と尺度の不釣合いが主な原因と思われる一致の低さを示したが、4段階尺度では $\kappa=0.43-0.74$ と良好な一致を示していた。

モニター間の差の読影結果(画質評価、陰影密度(PR)、大陰影、融合像、気腫)に対する影響を、読影者の差、症例間の差などを考慮して繰り返しのある2元配置分散分析で行ったところ、画質について読影者間の差が指摘され(図1)、所見について大陰影の有無についてモニター間の差が検出された以外は有意な差を認めなかった(図3)。

この大陰影についてのモニター間の違いは、大陰影の形成途上段階の所見と考えられている融合像(coalescence)の有無の読影判定を合わせて検討すると、大陰影あるいは融合像の有無は、

モニター間での有意差は消失した(図4)。このことは、大陰影あるいは融合像を呈する所見においてはモニターの解像度が大陰影内の微妙な所見の違いを判定しやすくしている可能性も否定できないものの、大陰影と融合像との今回の実験結果のような関係は、他の研究結果でも指摘されている。

したがって、これらのモニターでは今回用いた症例数、症例のバリエーション、読影者数ではモニター間の差を検出することはできなかった。

<実験2>

症例のFEV₁とFVCの平均値はそれぞれ1.83と2.66 litersであった。胸部엑스線上の大陰影の広がり毎にみるとAについてはFEV₁ = 2.31でFVC = 3.11 L (n=7)、BについてはThe mean values of FEV₁ = 1.83L、FVC = 2.72Lであった(n=30)。また、CについてFEV₁ = 1.47、FVC = 2.36Lであった(n=10)。スコア化した大陰影の広がりおよびFEV₁およびFVCとの間に相関が認められ、大陰影のカテゴリーの増大とともにFEV₁およびFVCは減少した(表1)。胸部엑스線上の大陰影のない症例の小陰影の密度とFEV₁およびFVCの間には相関を認めなかった。

<実験3>

参加者の性比は男性:女性=3:1であり、約半数が内科(48%)、外科(16.7%)、予防医学(14.6%)、精神科(12.7%)、小児科(8%)であった。参加者の平均臨床経験は19年であり、わずか3.9%が類似のじん肺엑스線読影講習会に参加した経歴があった。

全体としては医師のじん肺胸部엑스線の読影能力は向上傾向にあったが、読影者間の読影結果にはかなりの違いがあった。感度および特異度について70%以上の値を示した者をそれぞれの結果がよい者とした場合、小陰影の密度の判定に関する特異度のよい受講者は講習会の前後の

テストでそれぞれ全体の 41.2%(42/102) と 59.8%(61/102)であった。一方、感度の良い者は講習会の前後でそれぞれ全体の 58.8% (60/102) と 54.9% (56/102)とやや低下した。

胸膜プラークの判定に関する特異度についてはよい値を示した者が講習会の前後で 59.8% (61/102) と 66.7% (68/102)であり、よい感度を示した者は、17.6% (18/102) と 24.5% (25/102)であった。

全体の読影結果について、胸膜プラークの判定については平均の感度が 46% から 60% へと有意に向上していた ($p < 0.0001$)。一方、特異度については、数値の向上は認められたものの有意な差はなかった (77% と 79%; $p = 0.3339$)。

D. 考察

異なる解像度の高精細モニターを用いた検討では、陰影密度の読影結果はモニターによる影響よりも、読影者間の影響の方が大きいことが分かった (図 2)。また、肺機能の低下などの重症化の指標は胸部エックス線上の大陰影の有無とは相関があるものの、小陰影の密度では今回の症例集では差を検出できなかった。このことは特にじん肺検診の場面での個々の重症化の判定は、デジタルエックス線画像のモニターによる診断を用いても呼吸機能検査に示される生理機能に反映するような所見の判定には影響しない可能性を示唆している。その際、陰影密度などの読影結果の判定に読影者の差が影響しており、じん肺の読影に従事する医師に対しては標準的な読影について講習などのトレーニングが必要と考えられる。われわれがパイロット的に医師会産業医講習会を利用して行った短時間の読影研修によって、じん肺関連の所見の読影結果がどう変化するかについて検討したところ、読影結果の改善傾向が認められた。このような講習を体系化し、医師会や関連学会などで提供される医師の生涯教育の一つのテーマとして継続的に講習会を実施し、読影

者間のじん肺判定のばらつきを制御していくことが精度の高いじん肺検診を進める上では必須と考える。

高精細モニター4種を用いた実験1での検討は、症例数、読影者数ともに限られており、4つのモニターの性能を比較し尽くしたとはいえないが、少なくとも中等度の陰影密度のある症例群を用いた今回の検討では、モニター間に差を見出すことはできなかった。

読影結果については、それぞれの読影者内一致度がほぼすべてで良であることから、熟練した読影者であることが分かる。一方、読影者間の一致度は、それほどの違いはないが、12段階尺度の結果から κ を計算するとその結果はかなり過小評価される。このため、実情としての一致度は4段階尺度を用いた κ の値が反映していると考えられる。

現在の病院環境では、様々なモダリティが使われており、MRI などによる MR アンジオや CT でも MPR を用いた立体的な画像表示などの際に、カラー表示が好まれることから、カラーのモニターの検討が望まれていた。また、胸部エックス線の臨床診療における重要度が低下し、胸部エックス線検査のみのために、高価な高精細モニターを準備できる施設は少ない。

米国放射線学会 (ACR) では、びまん性肺疾患で見られる幅 3mm の不整形陰影を描出するためにはピクセルサイズが $210 \mu\text{m}$ 以下であることが必要であるとのガイドラインを持っており (Flynn 2008)、これに合致する高精細モニターは 3MP 以上となる。3MP のモノクロとカラーとではピクセルサイズの違いはなく、条件がピクセルサイズのみであれば 3MP を不適とする理由はない。今回の読影実験でもこの違いは読影結果に影響を与えなかった。

画像とモニターのピクセルを 1:1 に対応させるならば 5MP のモニターが必要となるが、今回の検討で見える限り、5MP が 3MP に勝ることを検出す

ることは出来なかった。また、ピクセルサイズが僅かに大きい 2MP モニターについても、読影に影響する違いはなかった。この点から、一次スクリーニングとしては 2MP のモニターでもよいのかもしれない。

今回の結果は必ずしも 4 種のモニターが同等の性能を持つことを証明したものではない。しかし、今回用いた症例数、症例のバリエーション、読影者数ではモニター間の差を検出することはできなかった。より鋭敏な研究を計画するとすれば症例を 0/1, 1/0 の境界症例を主とし、サンプルサイズを増やし、読影者数を増やすことが必要である。

また、じん肺エックス線分類の際に必要な標準画像については、スケールの連続性を考えると、今回の実験で行なったように現行の標準フィルムをデジタル化したものを標準画像として用いる方法が当面は取られるだろう。しかし、撮影した時代が 30 年以上も前であるため撮影条件が現在とかなり異なり、比較読影を行なうスタンダードとしては望ましい画像ではない。HRCT 等の裏づけのある症例集を大規模に蓄積し、世界をリードする形でのデジタル標準画像の選定を進める必要がある。

なお、Franzblau らの検討については、hard copy の画質を揃えて出力するなどの検討は実施しておらず、soft copy の評価の際には、ウィンドウの調節をして評価してよいという条件で比較をしており、soft copy により有利な検討方法であったともいえる。このため、モニター診断を実施する環境が整っていない施設においては、従来通り、フィルム出力によるじん肺評価は我が国のようにフィルム出力の画質が十分に担保されている状況下では問題なく実施できる。

実験 3 での結果は、胸膜プラークでは感度、特異度の上位者の割合が増加し、全体の平均の感度の値は向上していたが、特異度の値は有意な向上はなかった。講習会の時間や読影テストに用いた

症例集の胸膜プラーク症例への偏りなど、一部の検討にしか適さない症例集ではあったが、胸膜プラークについてはある程度、一貫した講習会による読影結果の向上傾向を示している。

E. 結論

今回、2MP-5MP までの検討したモニターでは読影結果に影響を与えなかった。しかし、読影経験などの異なる様々な医師が読影する可能性を考えると、従来から呼吸器放射線科医が推奨する 3MP 以上が望ましい。また、地方あるいは中央じん肺診査医が診査行方際に用いるものとしては、当然、十分な物理的性能を持つものを選択すべきで、3MP 以上を推奨すべきである。なお、3MP についてはモノクロ、カラーともピクセルサイズは等しく、輝度もほぼ同様であることから、どちらも推奨できる。

また、読影実験からは、読影結果の差にはモニターによる差よりも、読影者間の差が影響を与えていることが分かる。肺機能の低下などの重症化の指標は胸部エックス線上の大陰影の有無とは相関があるのもの、小陰影の密度では今回の症例集では差を検出できなかった。このことは特にじん肺検診の場面での個々の重症化の判定は、デジタルエックス線画像のモニターによる診断を用いても呼吸機能検査に示される生理機能に反映するような所見の判定には影響しない可能性を示唆している。その際、陰影密度などの読影結果の判定に読影者の差が影響しており、じん肺の読影に従事する医師に対しては標準的な読影について講習などのトレーニングが必要と考えられる。われわれがパイロット的に実施した、医師会産業医講習会を利用した短時間の読影実習によって、じん肺関連の所見の読影結果がどう変化するかについて検討したところ、改善傾向が認められた。このような講習を体系化し、医師会や関連学会などで提供される医師の生涯教育の一つの

テーマとして継続的に講習会を実施し、読影者間のじん肺判定のばらつきを制御していくことが精度の高いじん肺検診を進める上では必須と考える。

F. 参考文献

Altman DG. Practical Statistics for Medical Research. Chapman & Hall/CRC, 1991, P404.

Wagner GR, Attfield MD, Kennedy RD, Parker JE. The NIOSH B reader certification program. An update report. J Occup Med. 1992 Sep;34(9):879-84.

Flynn 2008, NIOSH Digital Radiography Symposium.

A. Franzblau, E. Kazerooni, A. Sen, M. Goodsitt, S. Lee, K. Rosenman, J. Lockey, C. Meyer, B. Gillespie, E. Petsonk Comparison of Digital Radiographs with Film Radiographs for the Classification of Pneumoconiosis. *Academic Radiology*, Volume 16, Issue 6, Pages 669-677

International Labour Organisation. ILO 2000 International Classification of Radiographs of Pneumoconioses. 2002.

労働省労働基準局安全衛生部労働衛生課編. じん肺標準エックス線フィルム. 中央労働災害防止協会. 1982.

Suganuma N, Kusaka Y, Hering KG, et al. Reliability of the International Classification of High-Resolution Computed

Tomography for Occupational and Environmental Respiratory Diseases. *J Occup Health* 2009; 51(3): (in press).

Ngatu NR, Suzuki S, Kusaka Y, Suganuma N. Training of chest radiograph reading. 23rd International Congress of Occupational Health, p 467, Cape Town, 2009, 3.

Suganuma N, Kusaka Y, et al. International Classification of HRCT for Occupational and Environmental Respiratory Diseases (ICOERD): Viewer. 23rd International Congress of Occupational Health, p 467, Cape Town, 2009, 3.

Suganuma N, Kusaka Y, Itoh H, Tamura T, Hirano H, Takashima Y. Validity of International Classification of HRCT for Occupational and Environmental Respiratory Diseases on the basis of ILO 2000 International Classification of Radiograph of Pneumoconioses. 23rd International Congress of Occupational Health, p 526, Cape Town, 2009, 3.

Kusaka Y, Suganuma N, Tamura T, Kumagai S, Akira M, Arakawa H, Itoh H. A Supplement to International Classification of HRCT for Occupational and Environmental Respiratory Diseases on Malignant Mesothelioma. 23rd International Congress of Occupational Health, p 525, Cape Town, 2009, 3.

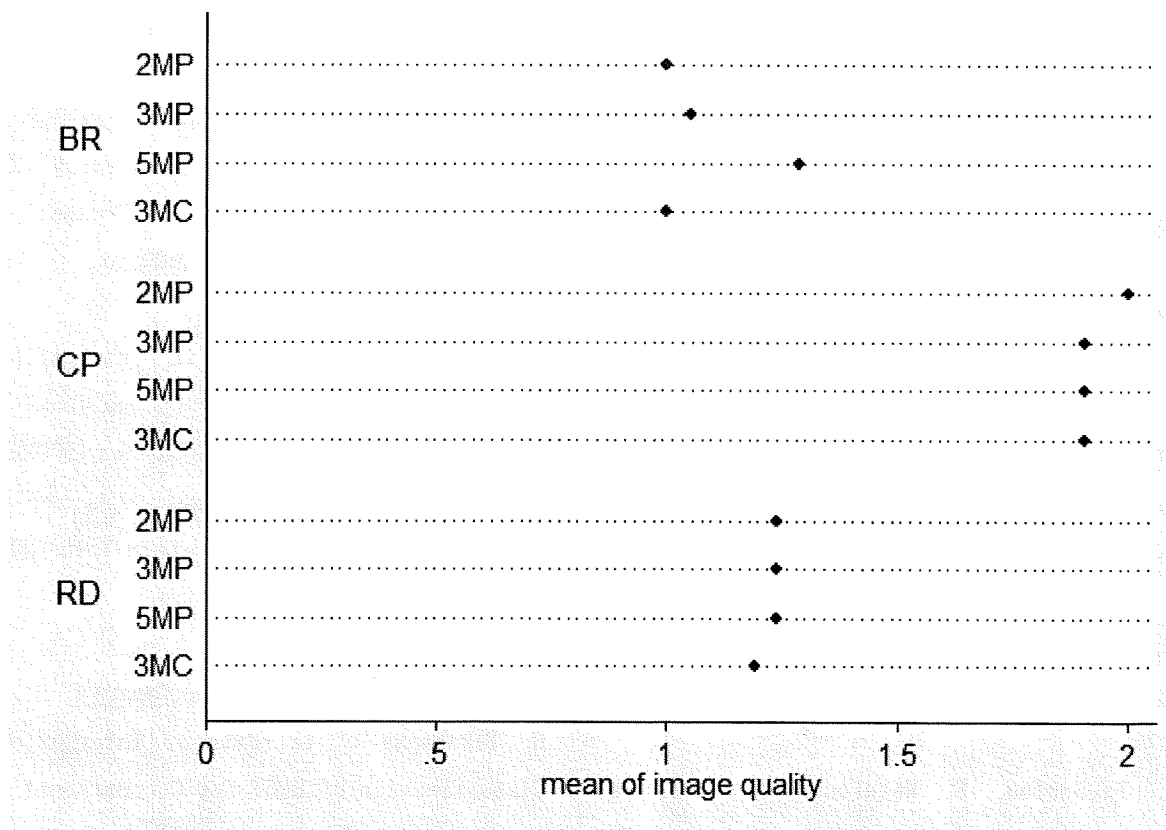


図1 読影者毎およびモニター毎の画質評価についての読影結果。画質評価（1=優、2=良、3=可、4=不可の主観的4段階評価を数値にして検討，BR：Bリーダー；CP：呼吸器内科医；RD：放射線科医；モニタの種類は1=2MP，2=3MP，3=5MP，4=3MC）。呼吸器内科医はじん肺表示条件の縦隔部分の椎体が見えない点を厳しく評価した。他の二名はじん肺条件の特徴と考え、肺野のみで評価したとのこと。

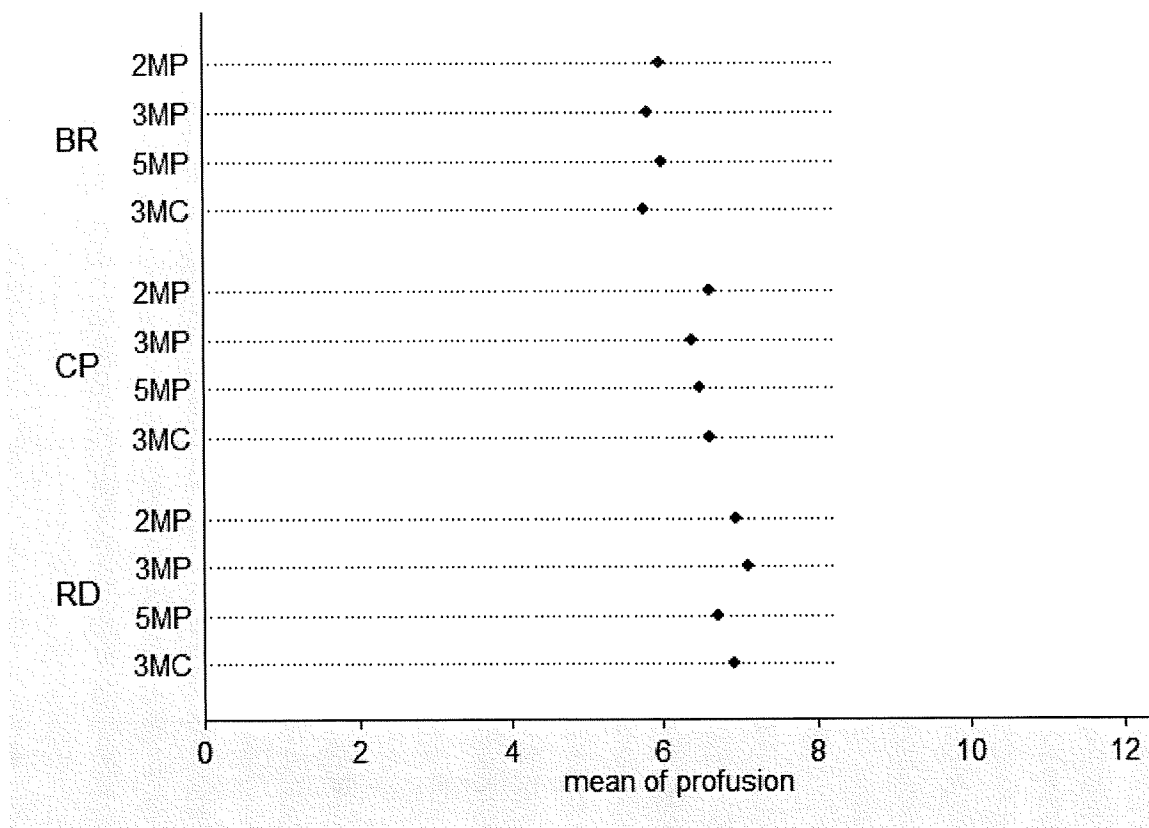


図2 読影者毎およびモニター毎の小陰影の陰影密度についての読影結果. 陰影密度は1 2段階尺度の0/-, 0/0, 0/1, 1/0...3/3, 3/+を12段階の数値にして検討した。わずかな差ではあるが B リーダーと呼吸器内科医、放射線科医との間には有意差があった。

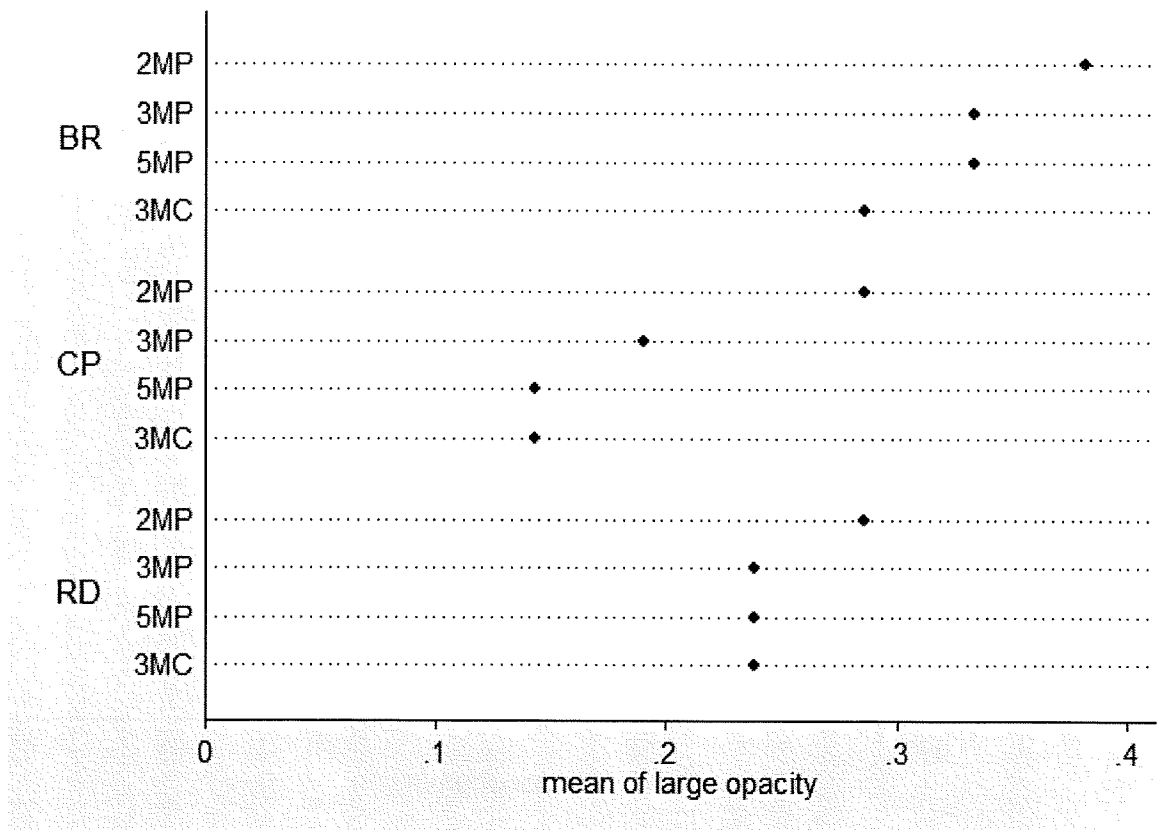


図 3A 読影者毎およびモニター毎の大陰影の存在の有無についての読影結果.

大陰影の存在の有無は有 = 1、無 = 0 と二値化してある。図では平均値のみ表示。

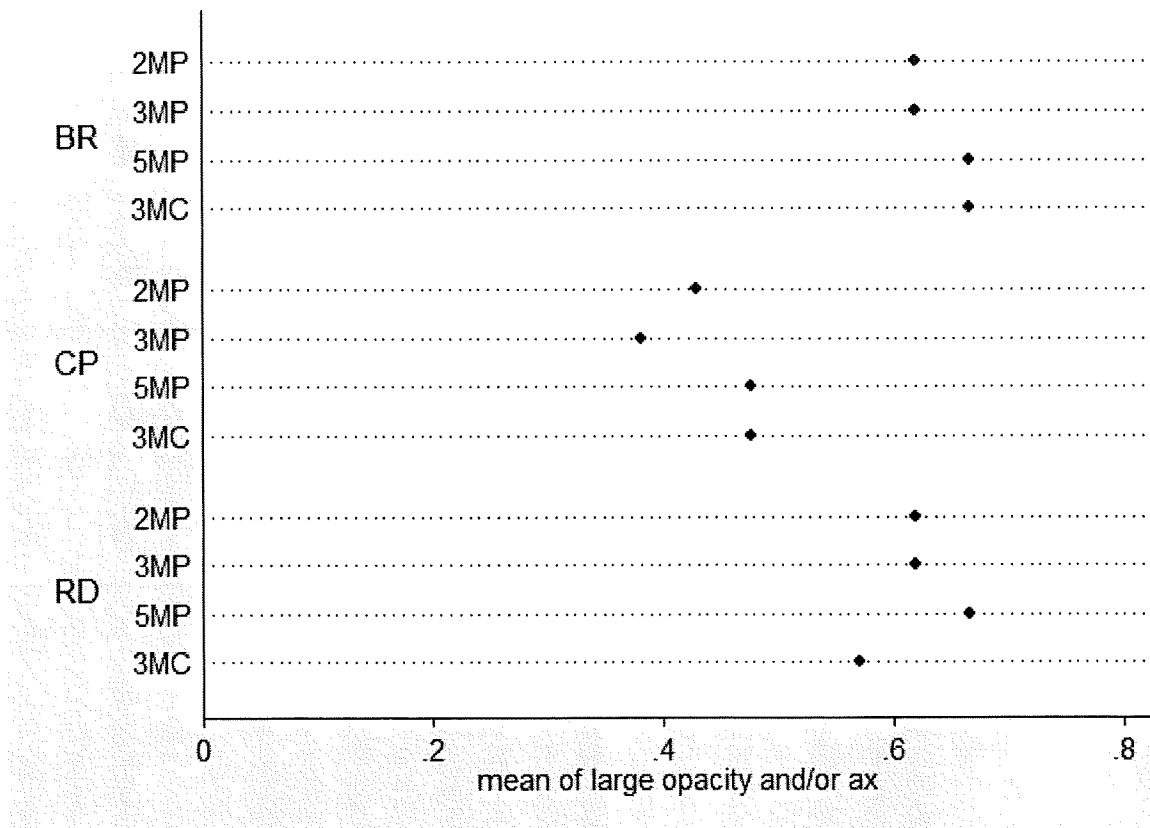


図 3 B 読影者毎およびモニター毎の大陰影あるいは融合像の存在の有無についての読影結果。大陰影あるいは融合像の存在の有無についての読影結果を二値化して読影者毎およびモニター毎に平均値を表示。なお、0は融合像および大陰影のどちらも指摘されなかったもの、1は融合像あるいは大陰影のどちらかが指摘されたものである。

表 1. 大陰影の広がり と肺機能検査結果

大陰影広がり	FEV1(L)	FVC(L)	N
A	2.31	3.11	7
B	1.83	2.72	30
C	1.47	2.36	10

デジタルじん肺標準写真の作成に関する検討

主任研究者：村田喜代史（滋賀医科大学医学部放射線医学）

分担研究者：相澤好治（北里大学医学部公衆衛生学）

岸本卓巳（岡山労災病院呼吸器内科学）

坂谷光則（近畿中央胸部疾患センター呼吸器内科学）

日下幸則（福井大学医学部環境保健学）

志田寿夫（アドバイザー）

研究要旨：

胸部エックス線写真がデジタル写真に置き換わっていく中で、じん肺標準写真も現在の画質の劣化が著しいアナログ写真からデジタル画像への転換が必要不可欠である。7施設から集積された1209例のCR写真およびDR写真の中から、じん肺健康診断や胸部エックス線診断に修練した多くの医師によって、症例の絞り込みを行い、その結果、0型17例、粒状0/1型2例、粒状1/0型7例、粒状1/1型14例、粒状1/2型2例、粒状2/2型9例、粒状2/3型2例、粒状3/2型1例、粒状3/3型4例、4型11例、不整形1/0型4例、不整形1/1型4例、不整形2/2型3例、不整形2/3型1例、不整形3/3型2例、計83例の標準写真候補を絞り込んだ。今後は、全国の地方じん肺審査医の読影実験を通じて、最終決定する予定である。

A. 研究目的

職業性呼吸器疾患の健康管理において、胸部エックス線写真は重要な役割を果たすが、その撮影法は、増感紙とフィルムを用いたアナログ画像からイメージングプレートを用いたCRやフラットパネル検出器を用いたDRなどのデジタル画像へと大きく変わろうとしている⁽¹⁾⁻⁽⁷⁾。また、その観察法もデジタル情報をフィルムに焼き付けたものからモニターで直接観察する方法が広く普及しつつある。

CR写真については平成13年に、DRフィル

ム法については平成19年度に、一定の撮影表示条件を満たすことを条件にじん肺健康診断への活用が認められた。

しかし、じん肺エックス線病型分類は標準写真との比較において判定されるべきことが、じん肺法で定められており、標準写真は30年以上前に決定されたアナログ胸部エックス線画像が依然として使われている。アナログ画像の複製を通じて継承されてきた標準写真の画質の劣化も指摘されており、今後のデジタル時代のじん肺健康診断には、デジタルじん肺標準写真の確立が必要不

可欠である。

本研究班では、最終的にデジタルじん肺標準写真を作成することを目的に、症例収集と症例の絞り込みを行った。

B. 研究方法

1. 症例収集

岡山労災病院、近畿中央胸部疾患センター、高知大学、北里大学、福島労災病院、神奈川予防医学協会の各施設で撮影された、じん肺患者の CR 画像あるいは DR 画像を DICOM ファイルとして匿名化後、滋賀医科大学に集積した。また、福井大学におけるこれまでの研究で集積された症例も今回の検討に加えた。

これらの症例の内、CT 検査を実施されている症例では、CT データも DICOM ファイルとして匿名化後、同様に滋賀医科大学に集積した。さらに、各症例の職歴に関するデータも合わせて集積した。

デジタル胸部エックス線写真の DICOM データファイルにおいては、グレースケール表示標準関数 (GSDF) に対応した P 値データで出力し、これを 3M 白黒モニターで観察し、症例の絞り込みを行った。

使用したモニターは Totoku 社製あるいは Nanao 社製の白黒モニターで、モニター輝度は 2 社のデフォルト値とし、Totoku 社モニターが 410 cd/m²、Nanao 社モニターが 450 cd/m² であった。DICOM ビューワはイメージワン社製 POP-Net essential を用い、ヒューレッド・パッカー社製 PC を用いて表示した。室内の明るさは約 400 ルックスとした。

2. 症例選択

滋賀医科大学における中央じん肺審査医およ

び地方じん肺審査医 2 名の合議によって、あらかじめ症例の絞り込みを行い、その後、2 回の班会議における合議による検討を行った。第 1 回の判定班会議では、3M モニター 2 面を 1 セットとして、2 セットの観察ステーションを設置した。1 面にアナログじん肺標準写真をデジタイズして作成した標準写真の組み合わせ画像を表示し、もう 1 面に対象画像を表示して、じん肺エックス線病型を判定した。第 2 回班会議では、同様のセットを設定したが、症例ごとに、エックス線写真に加えて、CT 画像を対比させながら検討し、じん肺病変の有無や程度の確認、さらに他病変の有無の確認を行った。

C. 研究結果

平成 21 年 4 月までに集積された症例は、岡山労災病院が CR 779 例、近畿中央胸部疾患センターが CR 195 例、高知大学が DR 100 例、北里大学が CR 10 例、神奈川予防医学協会が DR 37 例、福島労災病院が DR 18 例、福井大学が DR 70 例の計 1209 例であった。

事務局における第 1 次選択で、(1) 胸郭の変形があまりないこと、(2) 病変の分布に著明な左右差がないこと、(3) 心大血管病変や陳旧性肺結核等のじん肺以外の病変が含まれていないこと、(4) 良質な画質が確保されていること、等を判断基準として、第 1 次選択を行った。第 1 次選択として残った症例は、エックス線分類 0 型が 78 例、粒状影 1 型が 80 例、粒状影 2 型が 49 例、粒状影 3 型が 48 例、大陰影が 63 例、不整形陰影が 61 例の計 379 例である。

第 1 次選択症例に対して、モニターを用いて、第 1 回の判定会議を平成 21 年 7 月 24 日に開催した。第 1 次選択症例の中から、標準写真とし

ては不適切と判断された症例19例を除外し、残った360症例を第2次選択症例とした。

第2次選択症例を事務局で再度、(1)より標準写真として適切な病変分布や病変をもっていること、を基準に再度絞り込みを行い、病変密度をより細分化して、0型9例、粒状0/1型2例、粒状1/0型11例、粒状1/1型11例、粒状2/2型9例、粒状3/3型14例、粒状影の特殊型6例、大陰影9例、不整形1/0型5例、不整形1/1型5例、不整形2型4例、不整形3型5例、計90例に絞り込み、第3次選択症例とした。

第3次選択症例では、CT検査を行った症例では、CT画像も合わせて検討できる形とした。

平成22年2月12日に第2回判定班会議を開催し、第3次選択症例を1例ずつ、その標準写真としての適否を合議で判定し、不適切な症例の確認、さらに病型分類の移動を行った。また、0型として候補に挙げた症例の若干名は20歳代の患者であったため、標準写真としては不適切と判断された。

このようにして、7症例が不適切、13症例が要再検討とされた。0型の症例数が減ったため、第2次症例選択で候補をはずれた症例を再検討し、数例を候補症例として復活させた。また、要検討症例は、1例を除いて候補症例として残した。結果、0型18例、粒状0/1型2例、粒状1/0型7例、粒状1/1型14例、粒状1/2型2例、粒状2/2型9例、粒状2/3型2例、粒状3/2型1例、粒状3/3型4例、4型11例、不整形1/0型4例、不整形1/1型4例、不整形2/2型3例、不整形2/3型1例、不整形3/3型2例、計84例となり、これを第4次選択症例とした。

さらに、第4次選択症例として選んだ症例については、DICOMデータばかりでなく、将来のパラメータ変換等も考慮し、“生データ”も同時に滋賀医科大学に集積することとした。

第4次選択症例の代表的な症例のリストと画像を本文に引き続いて示す。

D. 考察

じん肺健康診断における胸部エックス線写真自体は、画像診断技術の進歩に合わせて、CRやDRが利用できる環境が整い、多くの施設で、デジタルエックス線写真による病型判定が行われている。じん肺法では、病型判定は標準写真との比較で行うことが決められているが、標準写真は30年以上前に定められたアナログ画像であり、当時と現在ではエックス線撮影技術も大きく異なることから、画質には大きな差が見られる。さらに、アナログ画像は光学的な複製によって伝えられてきたために、その度に画質が劣化し、現在市販されている標準写真は現在の胸部エックス線写真の標準からすると大きく劣るものと言わざるを得ない。

また、デジタル画像ではフィルム焼き付けではなく、モニター観察が標準になりつつある現状では、シャウカステンに掲示した標準フィルムとモニターを比較しなければならないという不合理が発生する。したがって、急速にデジタル機器が普及しつつある現状を考えれば、デジタル画像に対応したデジタル標準写真は早急に準備されなければならない。同時に、その標準写真はフィルムでもモニターでも対応できるデータでなければならない。

本研究は、このような状況を踏まえ、全国のじん肺診療の中心的な役割を果たしている機関を

中心にじん肺症例のデジタルエック線画像(データ)を集積し、標準写真にまとめていこうとする試みである。

3年間の研究を通じて、1209例の集積が終了し、この中から、標準写真に適切と考えられる症例をじん肺診療に精通した医師によって行ったもので、絞り込まれた84例の症例は、十分にデジタルじん肺標準写真候補となりうると考えられる。

また、本研究では、グレースケール表示標準関数で標準化されたP値でデータ出力を行っており、このような標準化がなされたイメージャーやモニターでは同様な画像が表示されるので、機器による画質の違いが問題にならない。そして、焼き付けフィルムの形ばかりでなく、モニター診断をするためのデータとしても用いることができるので、今後のデジタル時代に十分に対応していける標準写真(データ)である。

さらに、本研究では、標準写真候補に残った症例においては、その生データも保存されているので、将来、デジタル画像の表示条件の変更や、国際的な画像検討が必要になった場合でも、十分に対応できるデータ収集、保存ができたと考えられる。

今後は、研究班で絞り込んだ画像を日本国内で標準的なものとして用いるために、全国のじん肺診療で中心的な役割を果たしていると考えられる地方じん肺審査医に読影実験を依頼し、そのフィードバックを通じて、最終的なじん肺標準写真を決定していきたいと考えている。

E. 結論

じん肺健康診断のデジタルエックス線写真の病型判断の基準となるデジタル標準写真候補の

絞り込みを行い、最終候補84例を確定した。

F. 参考文献

1. McAdams HP, Samei E, Dobbins III J, et al. Recent advances in chest radiology. *Radiology* 2006; 241: 663-683.
2. Uffmann M, Neitzel U, Prokop M, et al. Flat-panel-detector chest radiography: effect of tube voltage on image quality. *Radiology* 2005; 235: 642-650.
3. Metz S, Damoser P, Hollweck R, et al. Chest radiography with a digital flat-panel detector: experimental receiver operating characteristic analysis. *Radiology* 2005; 234: 776-784.
4. Kroft LJ, Veldkamp WJ, Mertens BJ, et al. Comparison of eight different digital chest radiography systems: variation in detection of simulated chest disease. *Am J Roentgenol* 2005; 185: 339-346.
5. Ono K, Yoshitake T, Akahane K, et al. Comparison of a digital flat-panel versus screen-film, photofluorography and storage-phosphor systems by detection of simulated lung adenocarcinoma lesions using hard copy images. *Brit J Radiol* 2005; 78: 922-927.
6. Harmer OW, Sirlin CB, Strotzer M, et al. Chest radiography with a flat-panel detector: image quality with dose reduction after copper filtration. *Radiology* 2005; 237: 691-700.
7. Bacher K, Smeets P, Vereecken L, et al. Image quality and radiation dose on digital

chest imaging: comparison of amorphous silicon and amorphous selenium flat-panel systems. Am J Roentgenol 2006; 187: 630-637.

8. じん肺健康診断への CR の活用に関する調査

研究検討会-報告書、中央労働災害防止協会、平成13年3月。

9. じん肺健康診断等への DR (FPD) の使用に関する検討会報告書。中央労働災害防止協会、平成19年10月。

デジタル標準写真候補症例リスト

No.	X線病型	患者ID	年齢、性	CT検査	職歴
1	0	F105(JPSG003)	62M	有	なし
2	0	F275(JPSG090)	58M	有	なし
3	0	F295(JPSG161)	50M	有	なし
4	0	F296(JPSG162)	48M	有	なし
5	0	F300(JPSG064)	65M	有	鉱山、鉱物
6	0	F301(JPSG065)	42M	有	トンネル運搬作業15年
7	0	F302(JPSG066)	54M	有	トンネル掘削作業18年
8	0	F303(JPSG067)	58M	有	なし
9	0	Img 11	31M	無	建設業に12年
10	0	Img 1278	56M	無	同和
11	0	Img 1291	48M	無	同和
12	0	Img 1309	52M	無	同和
13	0	Img 1321	61M	無	同和
14	0	Img 1344	33M	無	同和
15	0	Img 1350	69M	有	耐火レンガ
16	0	Img 1589	73M	有	耐火レンガ
17	0	Img 1734	34M	無	同和
18	粒状01	Img 17	63F	無	金属熱処理加工業5年
19	粒状01	Img 130-1F	75M	有	アーク溶接、40年
20	粒状10	F109(JPSG009)	58M	有	トンネル掘削作業21年
21	粒状10	F976(KM064)	65M	有	トンネル掘削作業
22	粒状10	Img 120-1F	75M	有	鉄工所、塗装
23	粒状10	Img 142-1F	66M	有	溶接工
24	粒状10	Img 1503	74M	有	耐火レンガ
25	粒状10	Img 1609	79M	有	耐火レンガ
26	粒状10	Img 1766	78M	有	耐火レンガ
27	粒状11	F114(JPSG016)	66M	有	トンネル掘削作業43年
28	粒状11	F117(JPSG019)	61M	有	トンネル掘削作業35年
29	粒状11	F243(JPSG052)	63M	有	トンネル運搬作業
30	粒状11	F925(KM011)	77M	有	トンネル掘削作業