

レントゲン写真法 — レントゲン写真法の方法と装置. 肺結核. 社会的スクリーニング. X線撮影とX線透視. 大規模レントゲン写真法

*Röntgen-photographia - Processo e aparelho de röntgen-photographia. Tuberculose pulmonar. Cadastro socialh. Radiographia e radioscopia. Röntgen-photografia colectiva**

De Abreu M. Rev Ass Paulista Med 9:313-24,1936

原理

蛍光板上の画像の写真, すなわちX線透視画像の写真撮影. 蛍光板の画像を写真に撮影して間接的にX線映画を撮る方法は, 長年にわたって試みられてきた. 我々も1920年, パリでこれを試みたが失敗に終わった. これについては1921年に出版し, Ristの序文を得た著書「肺結核のX線診断」で触れている(51頁).

「Guillemotがこの線に沿って試みた研究がそれ以上追求されなかったことは残念である」

「蛍光板の非常に弱い光は, 硝酸銀を塗布した写真乾板を1秒以下で露光するには不十分である — これが我々の実験の結果であった」

間接X線映画法(radiocinematographia indirecta)には多くの試みがあったが, 1935年, ブリュッセルの学会でGeorges Djian, およびRussel & Reynoldsらは, それぞれに初めて実用的な装置を発表した.

12年前の1924年, 大規模な集団検査の必要性を確信した我々は, 以前の方法を刷新し, X線映画法ではなく「低費用で写真撮影することにより公衆の強制的胸部X線検査を可能とする」方法に取り組んだ.

これはレントゲン写真法(röntgen-photographia), X線写真法(radio-photographia), X線透視撮影法(fluorographia), 間接X線撮影法(radiographia indirecta), あるいは単に蛍光板写真法(photographia do écran fluoroscopico)などと呼ばれ, X線映画法分野で大きな関心を集めており, その観点からさまざまな研究が行なわれている. しかし, 大規模集団検査分野では, 単に大きいだけでなく全く新たな関心を集めている.

レントゲン写真法は, X線透視, X線撮影と同じように, 一定の装置を用いて一定の目的をもって行なわれるひとつの「検査法」であり, ある意味で全く新しい方法であると考え. 1924年にこの問題に取り組んで以来多くの試行錯誤を経た後, 1936年初頭によくやく簡単, 実用的な結果を得るに至ったのでここに報告する.

*本稿は1936年9月, サンパウロ医学協会(Associação Paulista de Medicina)で発表したものである. 前報は1936年7月, リオデジャネイロ内科学会(Sociedade de Medicina e Cirurgia do Rio de Janeiro)で発表した.

レントゲン写真法の方法と装置

装置

写真機, 蛍光板, X線管球を組合わせたもので, すべて1台ないし2台の調整した架台上に連結して搭載されており, その状態で上下に移動できる.

バリエーション

(a) 1台の架台にすべて搭載する方法 — 写真機, 蛍光板, X線管球. (b) 2台の架台を使用する方法 — 1台目に写真機と蛍光板を連結したものを搭載し, 2台目はレントゲン写真法用に手を加えた標準的なX線検査架台とする. (c) 直接写真法 — 蛍光板を通常の鉛ガラスでカバーする. (d) 間接写真法 — 鏡を45度の角度で取付け, 蛍光板には鉛ガラスをつけない. この場合, 写真機は鉛遮蔽でX線から保護する.

撮影法

撮影法は, 高圧発生装置, X線管球, 蛍光板, 撮影目的によって異なる. 我々のHospital Allemãoでは, Siemens製装置, Zeiss社製extra-clear 1:1.2対物レンズ, イソクローム28フィルムを使用し, 50mA, 100kV, 体厚に応じて0.2, 0.5, 1.0, 2.0秒で良好な写真を得ている. X線管球は10kW以上が必要で, 前記の条件であれば制限無く使用できる. 線状陰極管球を使用しているが, 近いうちに40kW回転陽極を使用できるよう希望している. 重要かつ容易に解決しうる問題として, 管球の冷却効率がある. 現在, 0.85対物レンズ, 選択的乳剤, より大きな線量(100~500mA, 100kV)を使用して, 同様の画質を0.1~0.2秒で撮影する試みを進めている. 管球-蛍光板距離は1mとし, 比較的小焦点が必要となるので, できれば回転陽極が望ましい.

結果

レントゲン写真法は, X線透視を写真に撮影, 記録する方法である. より精細な画像が得られるX線撮影法, 遠隔X線撮影法, あるいは動態を観察できるX線透視法の代用ではない. 非常に広範な応用が考えられる新しい方法であり, その実用性については論をまたない.

利点

この方法の大きな, またユニークな利点は, その経済

性にある。胸部X線写真を30×40cmのフィルムに撮影する場合、高コストであるのみならず取扱いが難しい。レントゲン写真法のフィルムは約2.4×3.6cmであり、X線フィルムは両面乳剤であることからその感光面の面積は1/200である。費用は1/100でほとんど無視しうるので、大規模に使用できる。これに対して、X線撮影法を公衆に使用すると著しく高コストなものとなり、適用範囲が制限される。

適用

レントゲン写真法は、X線診断のほとんどあらゆる領域—骨の部分あるいは全体撮影、心臓、大血管、縦隔、肺、消化器—に適用可能である。繰り返し撮影が必要な治療中の診断にも使用できる。しかし、その主たる適応は結核の胸膜肺病変の診断、治療、予防である。

肺結核

結核におけるレントゲン写真法は新たな道を拓き、その簡便、低コスト性の故にその効果は予想もつかないほど大きい。まず第1に、画質が非常に良好で、微小な病変、非活動性病変も描出できることが注目される。別掲の写真にも見られるように、このX線写真はわずかな硬化像、非常に壁の薄い小空洞、軽度の気管支周囲肥厚像なども判別できる。焦点は十分調整しておく必要があり、これなくしては必要な鮮明度が得られない。コントラストは非常に良好で、縦隔の中心領域でも幅広い濃淡が得られる。さらに、レントゲン写真法では現像も迅速で、瞬間遠隔撮影法と同等の鮮明度が得られる。

診断

本法の診断における利点として、次のような点が挙げられる。すなわち、鮮明度が十分である、様々な方向から撮影できる、恒久的な記録が得られる、ステレオ撮影が可能である、頻回に毎日でも繰り返し検査ができる。ステレオ撮影については、通常の写真機材に2つのレントゲン写真法の装置を取付け、管球を2つの位置に移動するようにするか、あるいはステレオ撮影用に特に設計された二重装置を使用の方が容易である。

経時的変化

多くの写真を撮影することにより、結核病巣の進行、拡大、縮小、様々な病変の進行速度に関する新たな治療が得られるであろう。

感染

結核患者の周囲にいる特に小児、若年者、成人を毎日、毎週のように頻回に撮影することにより、感染の状態をより正確に知ることができるであろう。

ワクチン

同様な方法で、BCG ワクチンのような予防感染法の

確認を行なうことができる。

治療

治療中に経時的に撮影することにより、専門医に良い指標となる。

消毒、予防

レントゲン写真法は集団検査の手段として、通常の居住、労働環境下における結核の発見を目的とする、大規模かつこれまでにない調査を行なうことが可能である。居住区、地域、学校、工場、社会階層、都市、郊外、農村などの分類についての大集団の統計なくして、国家的な予防的手段を立案することはできない。同様に、病因・病理学的研究についても、短間隔、大量のデータの有用性は明らかであろう。

経済性

レントゲン写真法は、放射線検査室の経済性に確実な効果をもたらす。

放射線防護、感染防護

本法は照明の明るい、換気の良い環境で施行することができ、X線撮影に伴う危険性、すなわち放射線や細菌汚染の影響を避けることができる。

感染巣の完全な把握。社会的スクリーニング

結核の予防は、まず全ての結核感染巣を掌握することにある。

Gissel & Schmidt は 1933 年刊の著書 "Die Lungen-Tuberculose (肺結核)" で、結核予防のポイントを下記のように要約している。

1. 結核全例、特に開放性結核の早期、完全な掌握。
2. 有症状患者に対する特別な処置—永続的管理、住居の消毒、適切な就業措置、結核療養所あるいは病院での治療

Ranke 門下の Alexander & Bear は、以下の様に述べている。

結核でも他の感染症と同じく、すべての感染者を発見することに努力を傾注しなくてはならない

社会の中に潜んでいる結核患者の発見には、さまざまな方法が用いられている。

1. 有症状患者の直接的、部分的診断。この基本的方法は、結核について「強制的」とされ、多くの国々で行なわれている。しかし実際にはこのような直接的方法は、以下の3つの理由で成功しない。(a) 診断がほとんど常に遅きに失すること、(b) 多くの病巣の一部しか診断できないこと、(c) 強制的であるため患者が参加しようとしにくいこと。

2. Braeuning の方法. 感染による罹患率の増加に基づく. Redeker & Romberg は, 感染原に曝露されたグループに非常に多くの「初期例」が発見されることを示している.

3. Alexander, Baer, Harold の方法. 免疫学的検査に基づく. 陽性の場合には感染あるいは近くに感染源があることを示す. 彼らによると, 初期変化群のある患者の75%は近隣の感染源に持続的に曝露されている. 有症状で開放結核と診断された患者の半数は持続性感染源に曝露されており, その多くは発症まで約10年を経過している.

4. 直接的, 全例診断. 有症状者, 健常者, および健常と思われる全員に対する検査に基づく (Redeker, Braeuning, Ickert, Harnes, Rayser-Petersen, Wierwiorowsky, Baer, Kattentidt). Redeker は全住民スクリーニングのための組織を提案し, Alexander, Baer は, この方法以外に結核に対する戦いの基盤を生み出すことはできないことを認めながらも, そのような組織は理想でしかないとしている. 直接的方法は, 次の2つに分類される.

- (a) 限定的. 既に実施されている
- (b) 全面的. Redeker が提案しているが未実施

限定的方法は既にスイス士官学校で Bremer の方法が, イエナ, ミュンヘンの学校で X線透視による方法が実施されている. Ontaneda は, アルゼンチンの徴兵15,000人に対して X線撮影による検査を実施している. リオに公衆衛生部, 総合病院結核部門では, 治療中の有症状患者と同居する人々にも X線透視を行なっている.

Alexander & Baer は以下のように述べている.

「結核診療所が住民の全例検査を行なうに当たっては, さまざまな職業における結核の罹患率を正確に把握すれば, これによって個人の特性とあわせて職業的要因を知ることができ, 結核の蔓延に対する重要な防護手段となるであろう。」

またさらに,

「さらに, 小児, 若年者と接触があるすべての職業人に対して, 定期的な検査を行なう強制的な方法が必要である」とも述べている.

Alexander & Baer は, ミュンヘンの大学院の卒業生グループに X線透視を行ない, その結果は Braeuning の所見を確認するものであった. すなわち,

- (a) 開放性結核の致死率は70%であった
- (b) 66%の例で2年以内に病変が進展した
- (c) 80%の例で診断は遅きに失した

このような所見は, 全例の集団検査を提案するぜん Redeker の意見を支持するものである. こうすれば診断は遅れることなく早期に可能で, 有症状者を治療して健常者, 特に若年者を保護するという治療の原則に従うことができる. またこの所見は, 定期的検査の必要性, 特に大部分が2年以内に進展していることから2年間で少なくとも2回の検査の必要性を示唆するものである.

X線撮影とX線透視

以上の考察から, 住民の「全例スクリーニング」が必要であると結論できる. 現在のところ, 小グループに限定した直接検査が X線透視を使って結核診療所で行なわれている. 既知のごとくこれは, フランスで Rist, Kuss, Dumarset, Léon Bernard らの指導の下に創設された結核診療所の主たる役割であった. さらにブラジルでは, サンパウロで Clemente Ferreira, リオでは Placido Barbosa の指導の下に創設された結核診療所が, 主として感染源の掌握に努力を傾注している. 我々が組織, 管理し, 非常に多くの検査を実施しているリオの結核予防センターの検査部門は, 1922年の創設以来我が国における胸部 X線診断教育における最先端の施設であることを付言しておく.

現在までに行なわれている検査方法は, 「X線撮影と X線透視」という言葉に要約されているが, そのいずれも単独では, 都市部あるいは地方の全例スクリーニングを目的とする大規模検査には不十分である.

30 × 40cm フィルムを使用する X線撮影は著しく高コストで, そのような事業には多額の費用が必要となる. フィルム1枚あたり処理費用をふくめて, 12クルゼイロかかり, 1,000件行なえば12,000クルゼイロで, 10万件では12万クルゼイロ, 100万件では12,000コント/年であり, 30 × 40cm フィルムを扱うための莫大な人件費はまた別である.

従ってフィルムを使う X線撮影法は非現実的である. 米国各所で製造されている30 × 40cmの写真印画紙は, フィルムより30%安いだけでやはり著しく高コストである. X線撮影には, 3施設が必要で費用は約240コントである. 最小限の技術スタッフとして, スペシャリスト20名, 240コント/年, 技術アシスタント20名, 120コント/年が必要である.

X線透視には, 利点, 欠点がある. 電気代と材料費はほとんど無視しうるので低コストに思えるが, 十分な教育を積んだかなり大人数のスペシャリストが必要となる. 我々が Laennec Hospital で開始した少なからぬ試行の経験によると, 1人の放射線科医が行える検査は1週間あたり, 3交代で最大約100件である. これは非常に重労働であり, 十分な X線防護, 結核菌感染防御策を施しても, 無制限に続けることはできない.

従って、年間 100 万件をこなすには、約 10 万件 / 月、25,000 件 / 週の検査が必要となり、スペシャリスト 1 名が 100 件 / 週を処理するとして、250 名が必要となる計算である。

X線装置は最低 40 台必要で、その価格は 2,000 コント、250 名のスペシャリストの年間費用は 3,000 コント (月給 1 コント)、最低 250 名の技術アシスタントの費用が 1,500 コント以上である。すべて合計すると、年間費用は 6,500 コントとなり、非常に大きな費用は技術的観点から大きな問題となる。

実際のところ X線透視は個人レベルの方法で、個人的に所見が解釈され、恒久的記録を欠き、しばしば誤診も避けることができない。

レントゲン写真法

我々は、レントゲン写真法で社会的スクリーニングが行えると考え。必要な設備と人員については、通常の X線撮影と同じである。必要人員機材は、3 施設の設置に約 240 コント、写真を読影するスペシャリスト 20 名、240 コント / 年、レントゲン写真の作製、フィルムを取り扱う非医療系スタッフ 20 名、120 コント / 年である。写真機材、大きなロールフィルム、薬品処理の費用は、1 件あたり 100 レアル以下で、100 万件でも約 100 コントである。

要約するとレントゲン写真法の費用は以下の通りである。初期費用：240 コント、年間費用：人件費 360 コント、機材費 100 コント、年間総額：460 コント以下。

大規模検査における 3 つの方法 (X線撮影, X線透視, レントゲン写真法) の比較は、

	初期費用	年間費用
X線撮影	240	12,360
X線透視	2,000	4,500
レントゲン写真法	240	460

従って残るは、レントゲン写真法が大人数の直接検査に有用な方法であることを証明することである。

費用は少額とはいえ、しかるべき方法で負担する必要がある。従ってレントゲン写真法を受診する者はすべて 700 レアルを検査時に支払う。これは 700 コント (100 万 × 700 レアル) となり、全例スクリーニング検査の実施に十分な額である。

以下に、工場労働者、企業労働者、陸軍あるいは海軍の軍人、学校、政府機関などにおける 10 万人のグループのレントゲン写真法による検査費用を示す。

装置：100 コント。

放射線スペシャリスト：3 名 (36 コント / 年)

技術アシスタント：6 名 (36 コント / 年)

機材：15 コント

初期費用：100 コント

年間費用：90 コント

これから、10 万人検査する場合、1 検査当たり約 1,000 レアルで、これは少額の料金負担でカバーしうる額であることがわかる。

結核は非常に重篤な伝染性の社会的疾患である。その予防は、全人口を対象とする胸部スクリーニング検査で、感染源の存在と局在を明らかにすることによってのみ可能である。強制検査を可能とする法律を明確にする必要がある。例えば、何らかの職に就く場合、会社や社会組織に入職する場合に、本人および家族の胸部診断カードの提出を義務付けるだけでも十分であろう。

実際的な面においては、レントゲン写真法は国家にほとんど負担をかけることなく、効果的、経済的に施行可能である。

大規模検査を行なうセンターの機能を設計する上では、以下のような点を考慮する必要がある。

各施設には、それぞれ 250 名を収容できる 2 部屋の更衣室を備える。これにより 1 名の検査中、他の 250 名には衣服を腰まで下げて待たせておくことにより時間を無駄にすることなく検査できる。さらに 1,000 名収容の大きな共通待合室を設ける。男女は完全に分離する。

レントゲン写真法の一連の手順は非常に簡単である。室内は十分に換気、照明する。各被検者は技術アシスタントが所定の位置に立たせ、鼻をクランプで閉じて口を閉じるだけで完全な呼吸停止が得られるようにする。検査の所要時間は 15 秒で、1,000 件でも 4 時間少々である。

3 施設あれば、3,000 件 / 日、90,000 件 / 月、100 万件 / 年が可能である。

レントゲン写真の読影は、48 時間後から連続的に行なわれる。20 名のスペシャリストが毎日 150 件を診断し、簡潔、正確な報告書を速記者に口述筆記させる。1 読影あたり 30 秒、1 1/4 時間で 150 症例となる。

この報告書の技術的な面については立ち入らないが、簡潔かつ、事前に決められた用語を使用し、この新しい撮影法に適した方法で作製する。

異常の判断基準についても触れないが、あやしい所見があれば臨床検査センターに送られ、多くは X線検査の再検など病因診断を行なうことになる。

レントゲン写真法は新しい方法で、これまではさまざまな理由で利用されなかった。その理由としては、最

近になってようやく解決された技術的問題のほか、X線透視画像は劣るという思いこみ、遠隔X線撮影法の速度と精度への一方的な指向があった。

しかし、X線撮影における必須条件は、蛍光板の幅内でのX線束の散開にあるという点でX線透視と同じである。

近年、放射線医学はその急速な発展に伴い、個人のみならず人類、社会に広く貢献できるようになった。将来的にさらに特定の診断的問題が解明されてゆくことは確かであろうが、現時点でのレントゲン写真法は大規模検査の観点から言えば既に十分満足な域に達していると言えよう。

結核の衛生、予防は、特に経済資源に限りがある我が国では、恐怖を植え付けることによりモチベーションを上げる必要がある。この恐怖を植え付ける方法は、全人口を対象とする完全な調査によってのみ得られるものである。

サンパウロ医学協会の例会を終えるにあたり、この近代都市において全人口の完全なスクリーニングが達成され、世界の都市の診療センターの模範となることを願うものである。

補遺

ブラジル結核協会の委員会の報告。同委員会は、Arlindo de Assis, Genesio Pitanga, Hamilton Nelson, Victor Côrtes の各医師から構成され、1936年12月2日の会合で全会一致にてDr. Manoel de Abreu の新しい方法(発明者によるレントゲン写真 Röntgenphotographia と命名)を承認した。

「レントゲン写真法は簡単な方法で、装置は頭を切り落としたピラミッド型の光遮蔽した単純な箱型で、その底面に通常のX線装置の蛍光板を、上面に小さなカメラの対物レンズを装着したものである。

患者はその胸部を蛍光板に当ててX線撮影を行なう。得られたフィルムは透明であることから、病変を検出するのに十分な肺のX線像を観察することができる。これを利用して、肺病変の検査手段としての本法の価値

を、X線透視、遠隔撮影法など他の従来法と比較することができる。

このため、Genesio Pitanga医師, Victor Côrtes医師は、数人の患者でX線透視を行ない、それに続いて遠隔X線撮影、レントゲン写真法を施行してそれぞれを比較した。

比較は次のような方法で行なった。X線フィルムを通常の投影装置をつかって不透明なガラス乾板に投影した。肺X線像を診断し、X線透視の報告書を参照し、X線乾板を検査した。

検査した4例すべてに明瞭な肺病変があり、レントゲン写真法は全例においてX線透視に劣ることはなく、2例においてその精度、病変数においてやや優れていた。

しかし遠隔撮影法との比較については、至適条件の遠隔撮影法とくらべると、必ずしも所見の豊富さ、安定性が同等とは言えなかった。

実際のところ本法は、既に臨床で広く認められている確たる応用分野におけるX線透視、X線撮影の代用とされるものではなく、X線撮影より安価、X線透視より安全であることから、これまでさまざまな困難のため実現できなかった大都市圏における肺結核の大規模スクリーニングを指向した方法である。

特に肺結核の臨床症状は発症が遅く不確実で、このようなシステムティックな方法によってのみ、肺結核の罹患率を正確に知ることができることから、本法は結核に対する戦いに必要な基本的な1つの検査法である。レントゲン写真法は、既にその最初期の設計に対する改良が行なわれているように、今後もさらに技術的に完成されてゆくであろうことを強調しておく。

本委員会はレントゲン写真法の科学的価値を認めるものであり、エキスパートが応用実験を推奨して、まず職業グループ、その後は都市コミュニティにおけるその実際の価値を評価し、最終判断を下すべきであると考える。

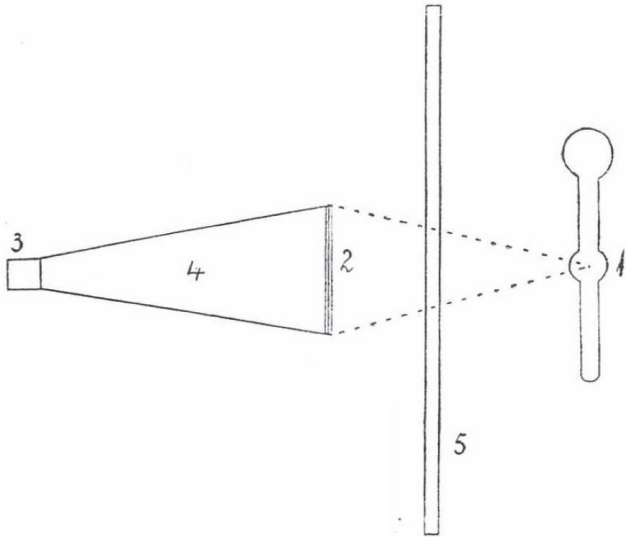


図1. レントゲン写真法の構成. 1. X線管球, 2. 蛍光板 (40 × 40cm, 鉛ガラスつき), 3. 十分明るい対物レンズを備えたカメラ, 4. ピラミッド型の遮光箱, 5. 支持架台 (テーブルあるいは椅子の背). 点線はX線管球から蛍光板にいたるX線束を示す.

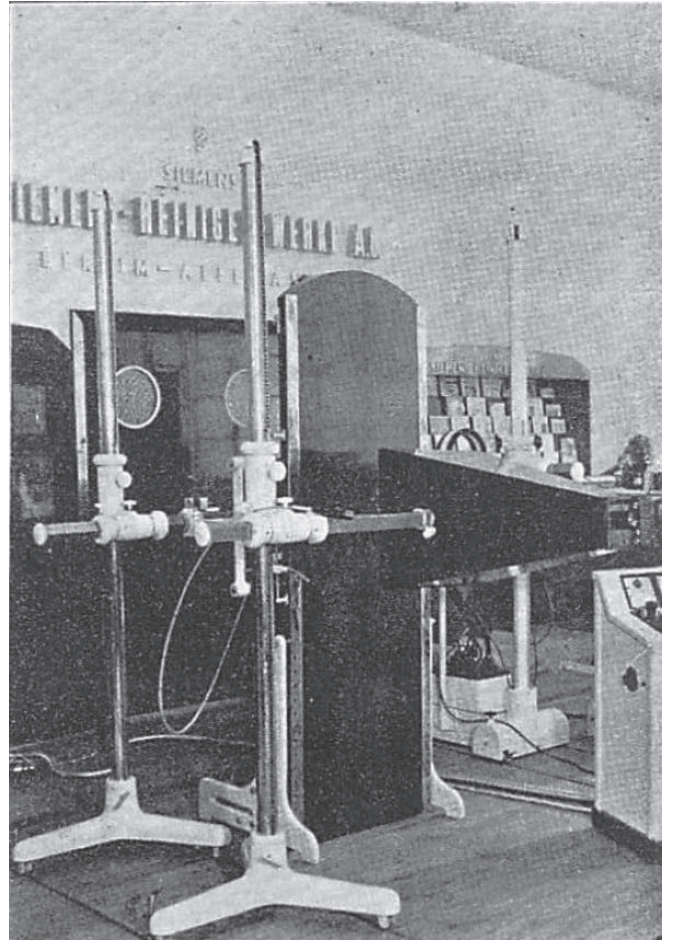


図4. 稼働状態にあるレントゲン写真法装置. 2つの部品, すなわちX線管球, レントゲン写真装置がレール上をスライドする. 後者の先端に写真装置が見える. Siemens社X線装置, Zeiss社短焦点距離対物レンズ1:1.2を使用している.

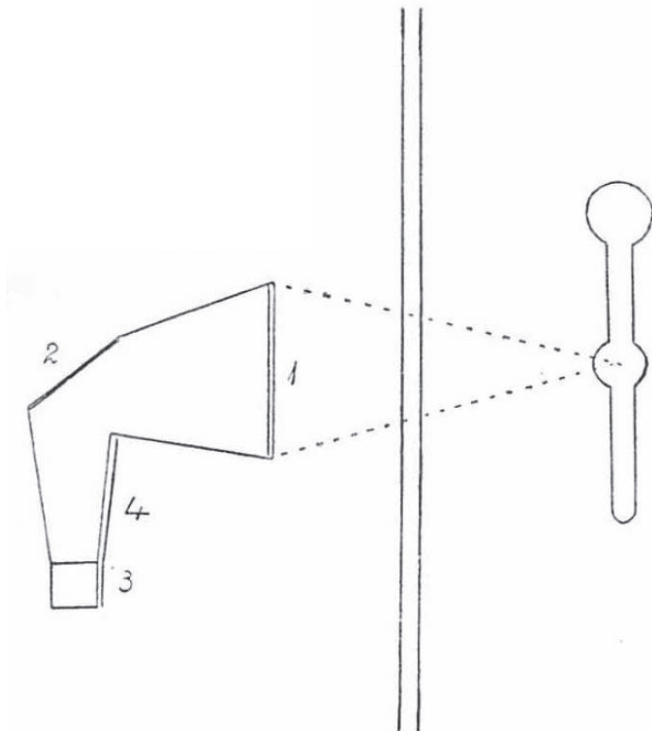


図2. 鏡式レントゲン写真法の構成. 1. 蛍光板 (鉛ガラスなし), 2. 45度に傾けた鏡, 3. カメラ, 4. 写真フィルム防護用の鉛遮蔽

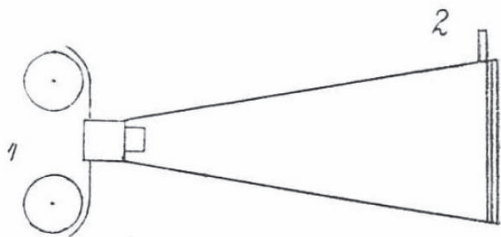


図3. 大規模レントゲン写真法の構成. 1. 長尺写真ロールフィルム (10m), 2. 自動マーカ, ID装置



図5. 一連のレントゲン写真. 露光時間0.5 ~ 2秒. 健常者および胸膜肺結核症例. Contax写真装置, 28番イソクロームフィルム, 50mA, 100kV.

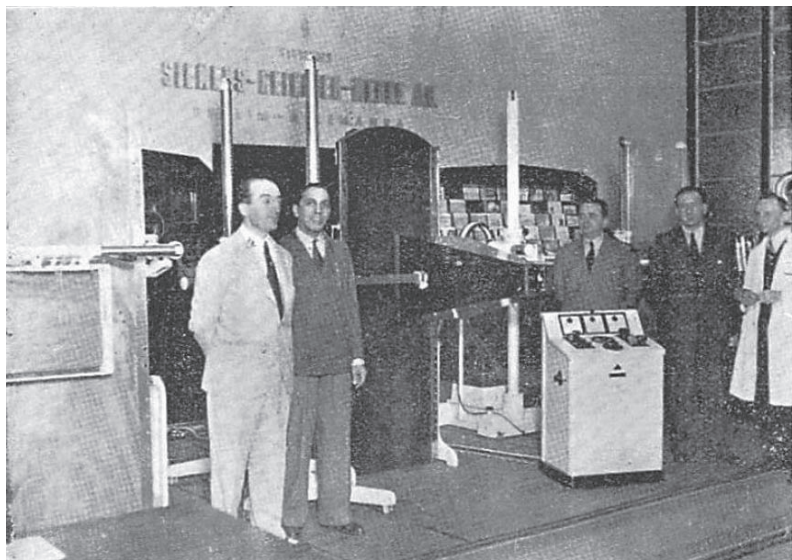


図6. リオデジャネイロ公衆用に設計された装置の試運転.
アルゼンチン陸軍医療部隊の Ontandea 太尉, Paulo Seabro
医師, Dobner 技師, 著者.

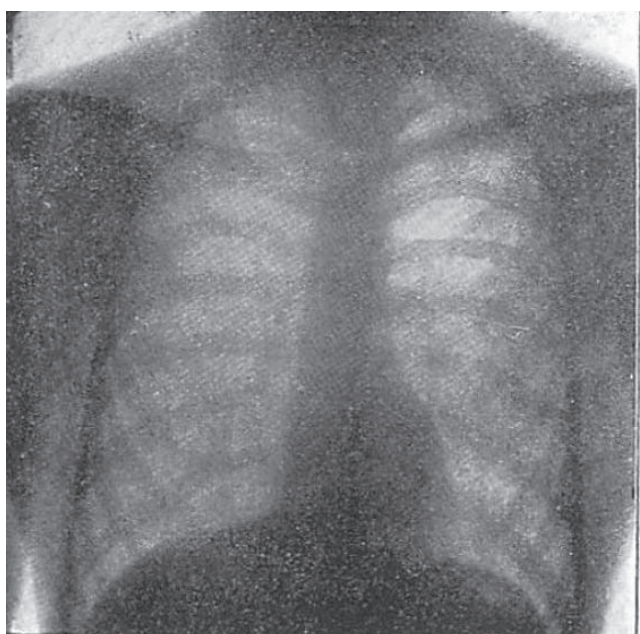


図7. レントゲン写真(9倍拡大). 正常胸部. 後前撮影. 肺, 心臓の
詳細が大きさ, 形状ともに描出されている.

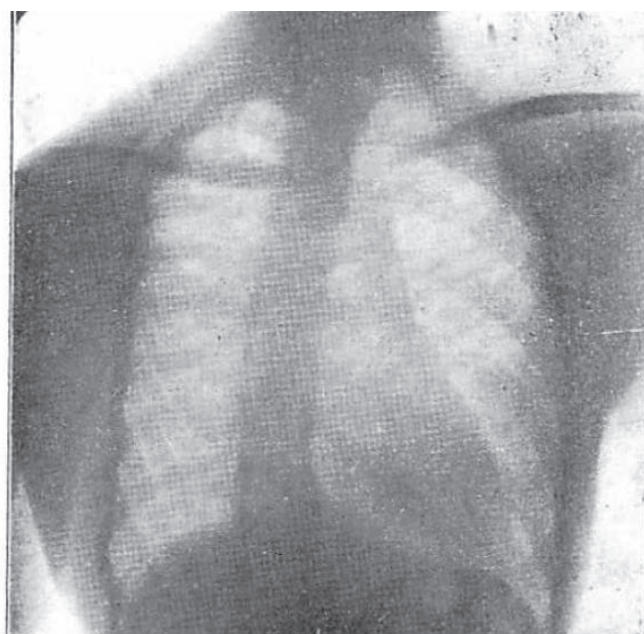


図8. 同一症例. 前斜位撮影. 気管と肺の間に大動脈の径が見える.

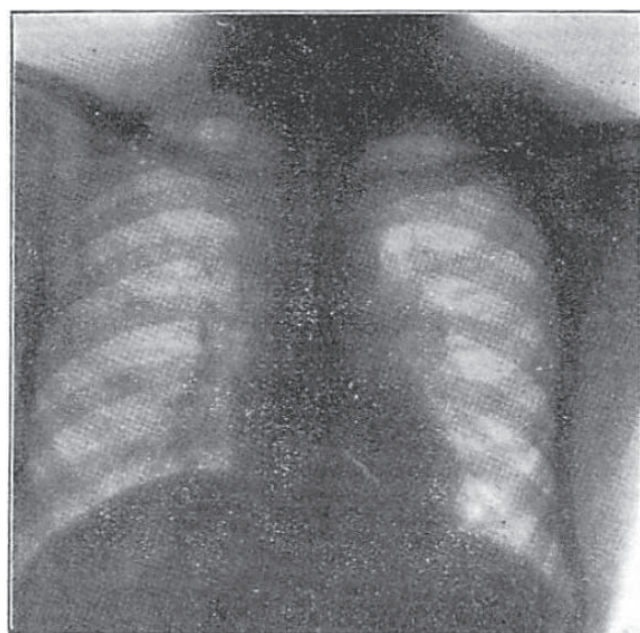


図9. レントゲン写真(9倍拡大, 以下同様). 肺結核における右縦隔,
左肺門リンパ節腫大.

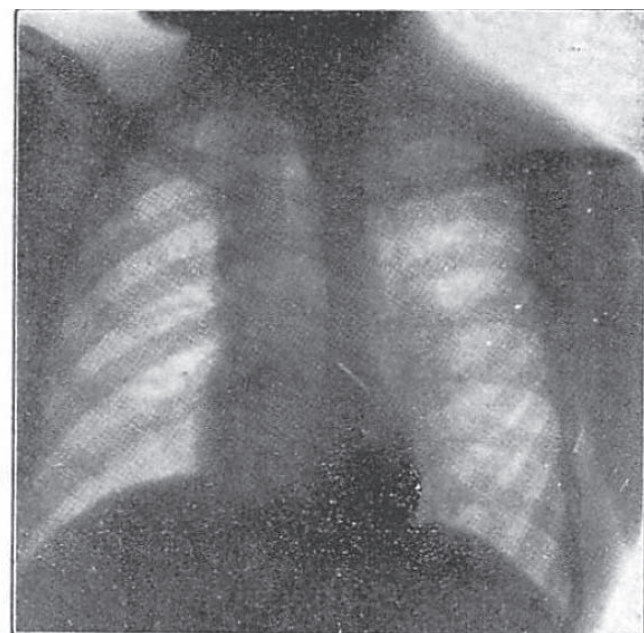


図10. 同一症例. 左前斜位. 左肺門に大きなリンパ節腫大が認めら
れる.

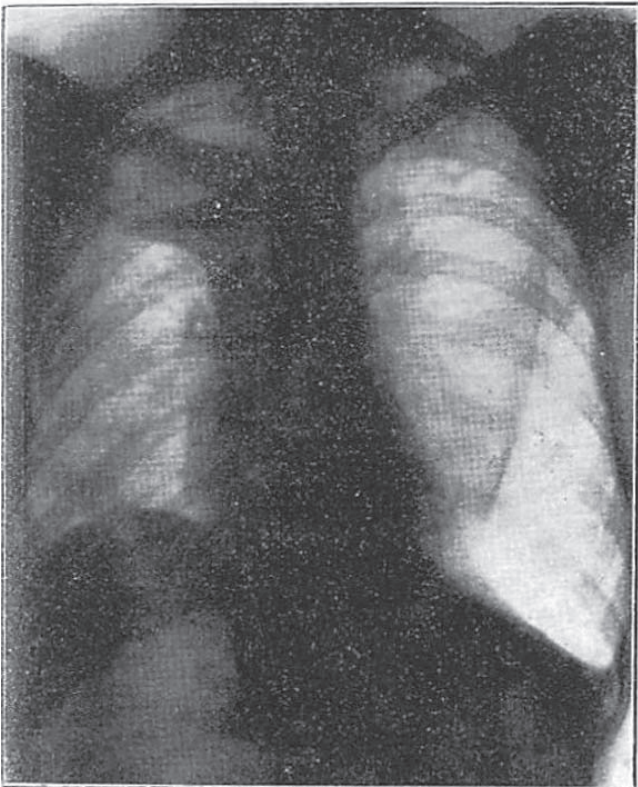


図 11. 右上葉の大きな空洞

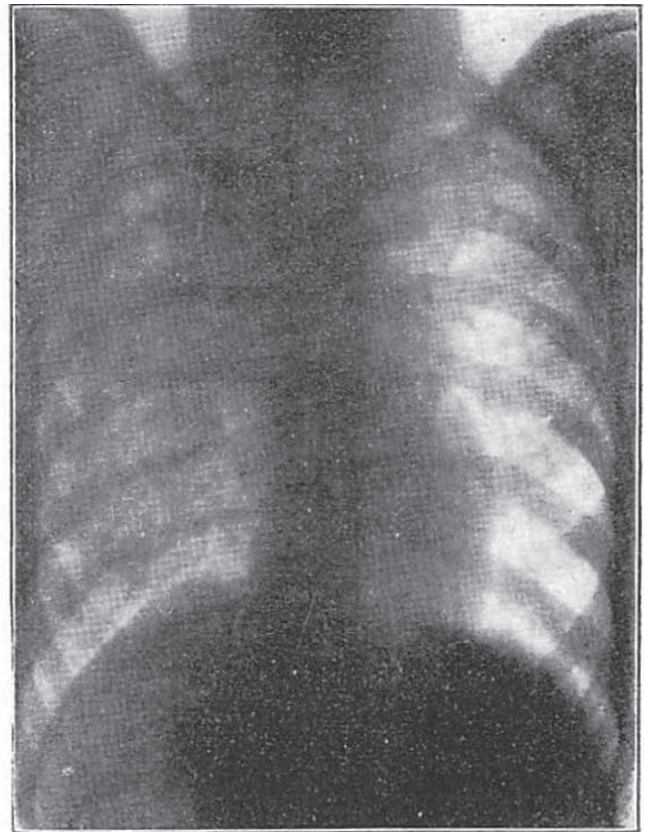


図 12. 右肺の広範な陰影、鎖骨上部の透亮像。左辺縁部に軽度の硬化像、小さな空洞が見られる。

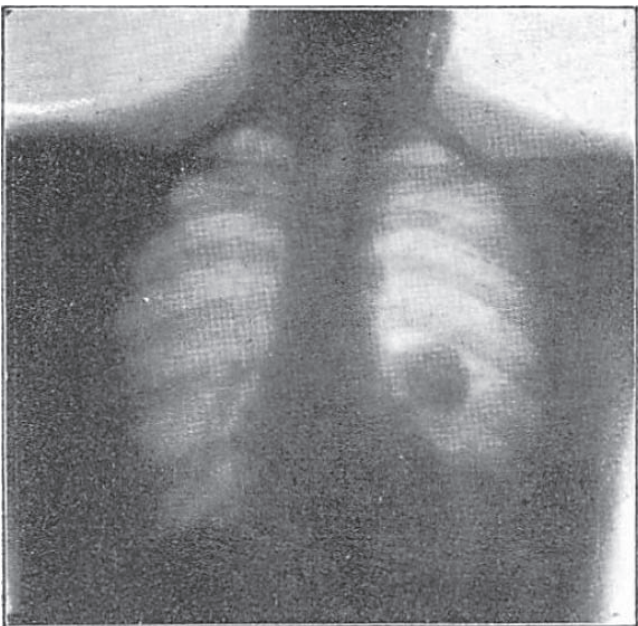


図 13. 気胸、左上葉の選択的虚脱。下葉のびまん性癒着。

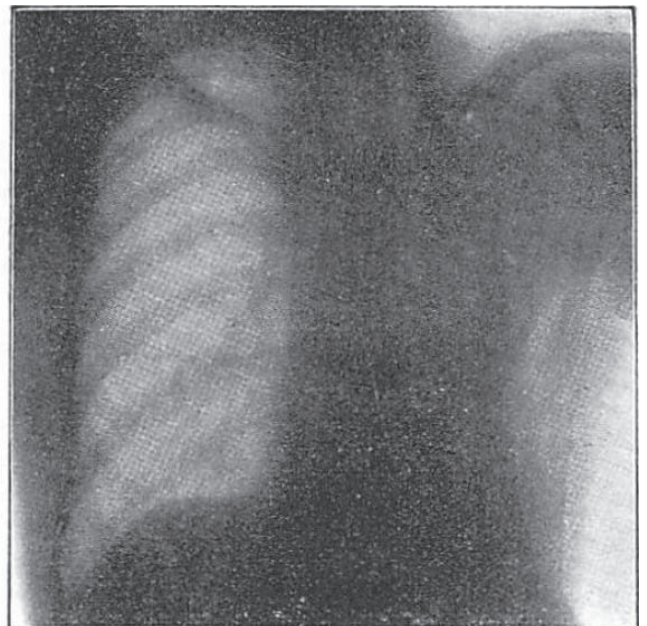


図 14. 左胸郭形成術後。線維性胸郭、心臓の左偏位 (MacDowell 医師, A. Amorin 医師症例)。

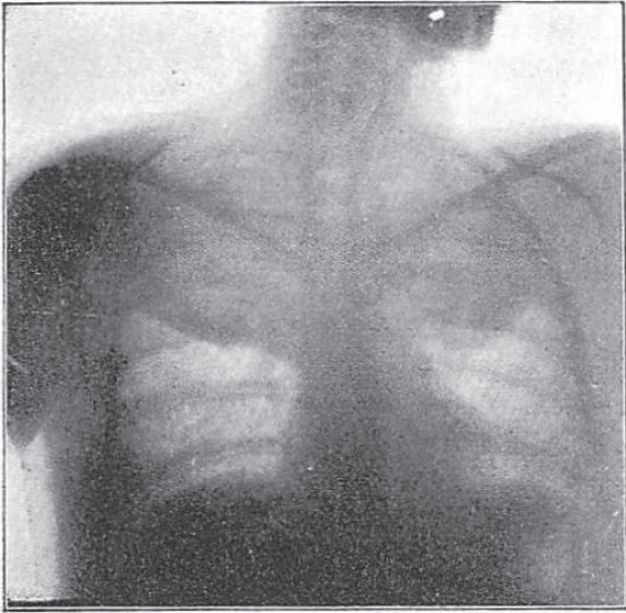


図 15. 両側の広範なタンポナーデ. 前面像 (総合病院結核部門, MacDowell 医師, A. Amarin 医師症例)

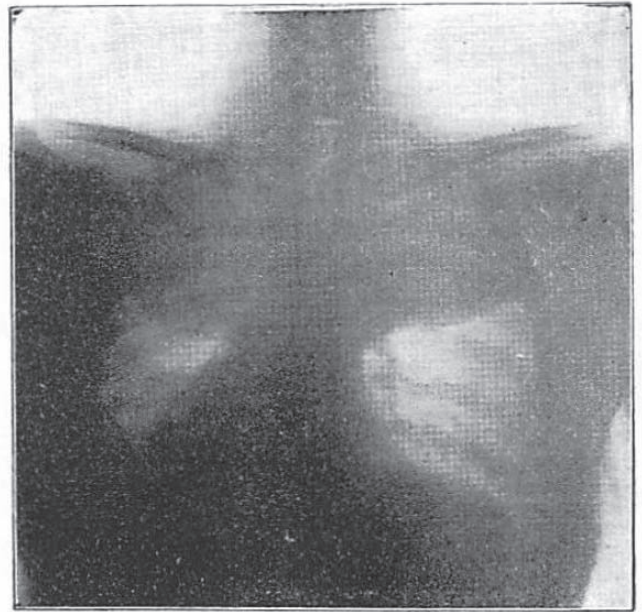


図 16. 同一症例. 後面像. 黒鉛のびまん性沈着による濃厚陰影と小さな透亮像.