

Untersuchungen der globalen und regionalen Lungenfunktion mit Xenon-133

Autor(en): **Locher, J.T.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften = Bulletin de l'Académie suisse des sciences médicales = Bollettino dell' Accademia svizzera delle scienze mediche**

Band (Jahr): **27 (1971)**

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-307888>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Aus der Nuklearmedizinischen Abteilung (Leitung: PD. Dr. R. Fridrich)
des Universitätsröntgeninstituts (Vorstand: Prof. H. Hartweg)
des Bürgerspitals Basel

Untersuchung der globalen und regionalen Lungenfunktion mit Xenon-133

J. TH. LOCHER

Lungenfunktionsstudien mit radioaktiven Gasen gewinnen zunehmend an Bedeutung. Bis vor kurzem waren wir für die Inhalationsszintigraphie allein auf Radio-Aerosole angewiesen, da Apparate, die eine schnelle und somit der Atmung konforme Bildwiedergabe ermöglichen, noch nicht verfügbar waren. Wie wir im vorangegangenen Referat gehört haben, entspricht die lokale Aerosoldeposition in den einzelnen Lungenpartien nur unter gewissen Voraussetzungen der wirklichen Atemlage [5]. Mittels Gasen jedoch, die sich mit der Atemluft völlig durchmischen, gelingt es leicht, eine anteilmässige, wahrheitsgetreue Wiedergabe der lokalen Belüftung zu erreichen. Unter diesen zeichnet sich Xenon-133 dank seinen physikalischen und physikochemischen Eigenschaften aus, die der Grund für die allgemeine Verbreitung dieses Isotops sind [2,6-9]. Es ist ein reiner Gammastrahler mit zwei Photo-Peaks bei 30 und 80 KeV. Die physikalische Halbwertszeit beträgt 5,27 Tage, die biologische hingegen, je nach Applikationsart, infolge der ausserordentlichen Flüchtigkeit des Gases nur Sekunden bis Minuten. Daher könnten selbst hohe Aktivitätsmengen bis zu 100 mCi ohne Bedenken verabreicht werden, würden nicht die Zählheiten dadurch überfordert. Für unsere Untersuchungen geben wir 6-10 mCi. Vorteilhaft ist ferner die Inertheit dieses Edelgases, weshalb Messfehler infolge chemischer Bindungen nicht auftreten. Die Löslichkeit in Gewebsflüssigkeit ist relativ schlecht ($\alpha = 0,0845$ ml Xe/ml H₂O bei 760 mm Hg, Körpertemperatur), wenn auch etwa dreimal besser als diejenige von O₂ [1]. Die Tendenz, rasch in die Gasform überzugehen und sich daher im intrapulmonalen Luftraum zu verdünnen, bildet eine der theoretischen Voraussetzungen für den Einsatz dieses Isotops für Blutflussmessungen in einzelnen Organen [3, 4]. Etwa 96% einer injizierten Aktivität verlassen bei der ersten Lungenpassage die Strombahn. Wir haben bereits bemerkt, dass Xenon-133 sowohl in Gasform und gelöst in Kochsalzlösung für medizinische Untersuchungen zur Verfügung steht. Hinsichtlich Lungenfunktionsstudien ergeben sich zusammen mit den be-

sprochenen, vorteilhaften Eigenschaften ideale Voraussetzungen für ein kombiniertes, aufeinander unmittelbar abgestimmtes Studium sowohl der Lungenperfusion wie der Ventilation.

Als Aufnahmeeinheit dient uns eine Gammazintillationskamera mit Multichannel-Analyser und Bandspeichergerät¹. Der Szintillationskristall des Detektorsystems besitzt einen Durchmesser von 28 cm, erlaubt daher die gleichzeitige Untersuchung beider Lungen. Mit dieser Apparatur können Serienschintigramme aufgenommen und auf Polaroidfilm wiedergegeben und parallel dazu regionale Funktionsanalysen durchgeführt werden. Es handelt sich dabei um die Aufzeichnung der Aktivitätsverteilung in Abhängigkeit von der Zeit in Kurvenform oder digitalen Messwerten. Diese kann sowohl global für die ganze Lunge als auch auf einzelne interessierende Gebiete beschränkt erfolgen. Letztere werden auf einem Kontrollosziloskop erkannt, wonach elektronisch zwei sogenannte «Areas of interest» – als für die Messung ausschliesslich interessierende Gebiete – bezeichnet und ausgewertet werden. Diese gezielte Selektion des Messgebietes, wobei natürlich bei Benützung eines Computers die Zahl der «Areas of interest» noch vervielfacht werden könnte, ist ein grosser Fortschritt gegenüber den Messungen nach zufälligem Anlegen von mehreren Messdetektoren über dem Brustkorb.

Untersuchungsablauf

Die Untersuchung gliedert sich in zwei Phasen: 1. Das Ventilationsstudium, also Inhalation von gasförmigem Xenon-133. 2. Das Perfusionsstudium, eventuell aufgeteilt in zwei Schritte: die intravenöse Injektion von NaCl-gelöstem Xenon-133 und allenfalls später von markierten Makroaggregaten.

ad 1: Ventilationsstudium (Abb. 1a)

Aus einem Spirometersystem atmet der vor dem Detektor sitzende Patient Radio-Xenon ein. Für unsere serienschintigraphischen Untersuchungen benützen wir allerdings einen 5 l fassenden, mit Sauerstoff gefüllten Plastikballon. Sofern ein Spirometer benützt wird, können gleichzeitig O₂-Verbrauch und CO₂-Abgabe gemessen werden. Nach einem tiefen, initialen Atemzug wird ein erstes Szintiphoto geschossen und die Impulshöhe registriert. Bei Weiteratmen kommt es bald zu einem Ausgleich der Xenonkonzentration zwischen Spirometer und intrapulmonalem Gasvolumen, was an der Kurvenabflachung auf dem Kontrollosziloskop des Multichannel-Analysers festgestellt werden kann. Ist das Gleichgewicht erreicht, wird die Xenonzufuhr abgebrochen, und der Patient atmet wieder Zimmerluft. Die kontaminierte Ausatemungsluft wird grösstenteils im Beutel aufgefangen. Serienschintiphotos werden initial häufiger, später in Minutenabständen angefertigt.

Kurvenberechnung. Die Aktivitätszeitprofile einzelner Lungenabschnitte werden vergleichend ausgewertet. Es handelt sich also immer um relative

¹ Dynacamera 2, Picker Nuclear, White Plains, New York, USA.

Messwerte, die aber eine funktionsgerechtere Beurteilung der Szintiphotos erlauben. Sofern ein Spirometer zur Verfügung steht, könnten sogar absolute Messdaten angegeben werden. So korrelieren nach LOKEN und WESTGATE [6] die Xenonkonzentration im Peak gut mit der Vitalkapazität, die Halbwertszeit mit dem Volumen bei forcierter Ausatmung und dem Atemgrenzwert.

Besondere Beachtung schenken wir: a) der Peakhöhe des initialen Atemzuges (A), die normalerweise mindestens 70% der Kurvenhöhe (B) nach Ausgleich der Xenonkonzentration erreichen soll; b) der Halbwertszeit des sogenannten Xenon-Washout, meistens unter 20 sec, normalerweise nicht über 25 sec; c) dem formalen Kurvenablauf; d) dem prozentualen regionalen Aktivitätsanteil, bezogen auf die Gesamtblüftung der Lungen.

ad 2: Perfusionsstudium (Abb. 1b)

Die Serienschintigraphie und die Kurvenauswertung erfolgen in ähnlicher Weise wie beim Ventilationsstudium. Auch hier sitzt der Patient vor dem Detektor. Nach der Injektion des Aktivitätsbolus von 6 mCi Xenon-133 in die Kubitalvene muss er seinen Atem während 20 sec anhalten, da nur so die Perfusionsphase isoliert beobachtet werden kann. Wie wir gehört haben, ist die Xenon-Washout-Kurve nach der intravenösen Applikation summierter Ausdruck von Perfusion, Diffusion und Ventilation des betreffenden Lungenareals. Unter der Atmung kommt es sogleich, zusätzlich zur gefäßbedingten Verteilung, zu einer bronchiogenen Aktivitätsverbreitung, die nicht auseinandergehalten werden können. Die Halbwertszeiten des Washout sind üblicherweise etwas länger als bei der Inhalation, überschreiten normalerweise aber 30 sec nicht. In einzelnen Fällen ist es interessant, auch das Ventilation/Perfusions-Verhältnis regional zu berechnen, worauf in einem früheren Vortrag hingewiesen worden ist.

Klinische Beispiele

Anhand einiger typischer Krankheitsbilder soll die lungendiagnostische Aussage der Radio-Xenon-Untersuchung gezeigt werden. Gleichzeitig werde ich auch auf die Indikationsstellungen für diese Untersuchungen und den Unterschied zur Aerosolszintigraphie eingehen. Im wesentlichen sind drei Einsatzmöglichkeiten zu diskutieren: 1. Lungenfunktionsmessungen im Sinne von ergänzenden, relativierenden Angaben zur konventionellen Lungenfunktionsprüfung. Beurteilung regionaler Unterschiede. 2. Verlaufskontrollen zur Dokumentation eines Therapieerfolges (vor allem bei Tumorbehandlungen). 3. Diagnostischer Einsatz. Erweiterung der konventionellen Lungenschintigraphie durch die Serienschintigraphie mit Xenon-133.

ad 1: Beurteilung der regionalen Atemlage

Der klinische Erfolg einer Lobektomie oder Pneumonektomie hängt sehr stark von der funktionellen Bedeutung des zu operierenden Lungengebietes für die respiratorische Situation ab. Globale Untersuchungen, wie sie kon-

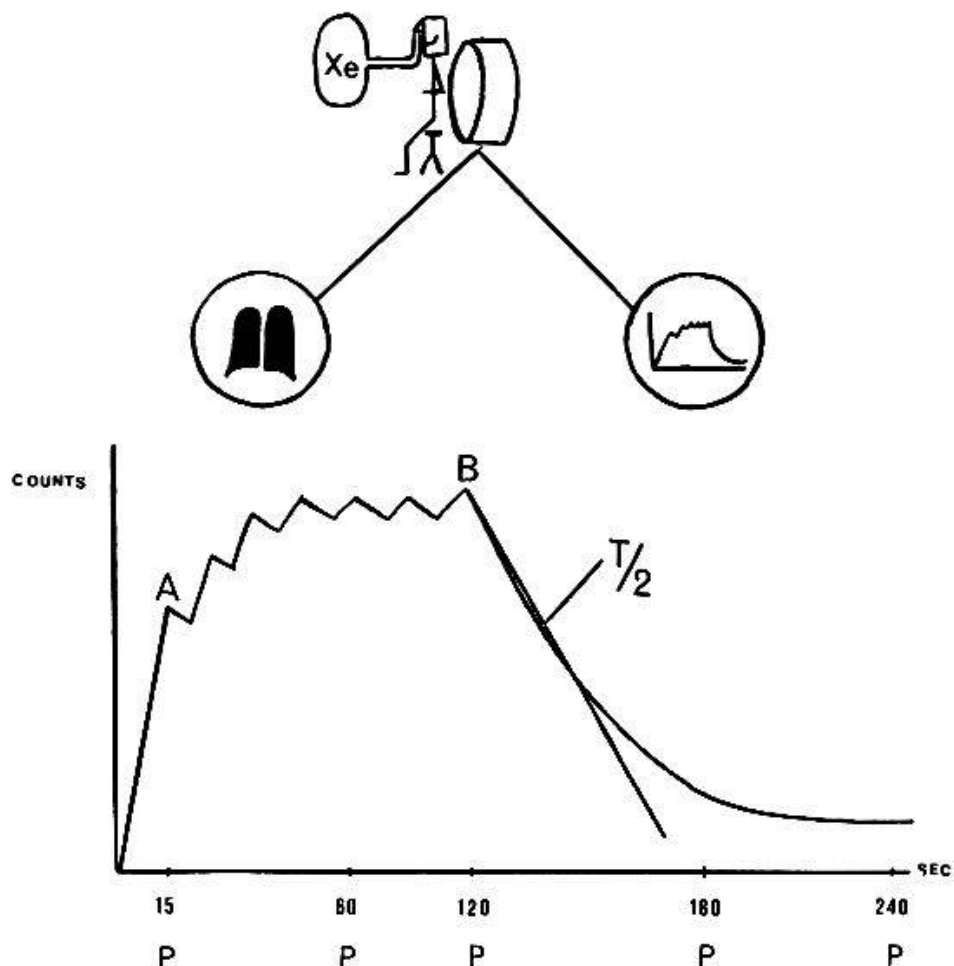


Abb. 1a. Inhalation.

Abb. 1. Simultane Lokalisations- und Funktionsdiagnostik während a) der Xenon-inhalation und b) nach intravenöser Injektion – P = Photoszintigramme, A = Zählrate nach dem initialen Atemzug normal über 70% von B, B = Zählrate nach Xenonkonzentrationsausgleich Lunge-Spirometer oder Gasballon, T/2 = initiale Halbwertzeit des Xe-Washout.

ventionelle Lungenfunktionsprüfungen meistens darstellen, lassen oft nur bedingt Schlüsse auf die anteilmässige Bedeutung des diskutierten Lungenschnitts für die Atemlage zu, obwohl diese Frage im Rahmen der Abklärung der Operabilität des Patienten von weittragender Bedeutung ist.

Wie ein erster Fall (Abb. 2) zeigen wird, ist die regionale Belüftung, und somit ihr funktioneller Anteil, mittels der Xenonverteilung leicht zu errechnen. Ein 48jähriger Patient, der zur Sanierung seiner kavernen Lungentuberkulose früher bereits mehrfach thorakotomiert worden war (Muskelplombe), klagte über häufig rezidivierende bronchitische Schübe, weshalb jetzt eine definitive Lösung mittels totaler Pneumonektomie der rechten Restlung erwogen wurde, die nach spirometrischen Daten und Blutgasanalyse durchführbar schien. Das Xenonstudium brachte ein überraschendes Resultat: Sowohl bei der Inhalations- wie auch bei der Perfusionsszintigraphie (Abb. 2b) fiel eine stark inhomogene Aktivitätsverteilung auf, wobei gerade der zur Diskussion stehende rechte Unterlappen den grössten Aktivitäts-

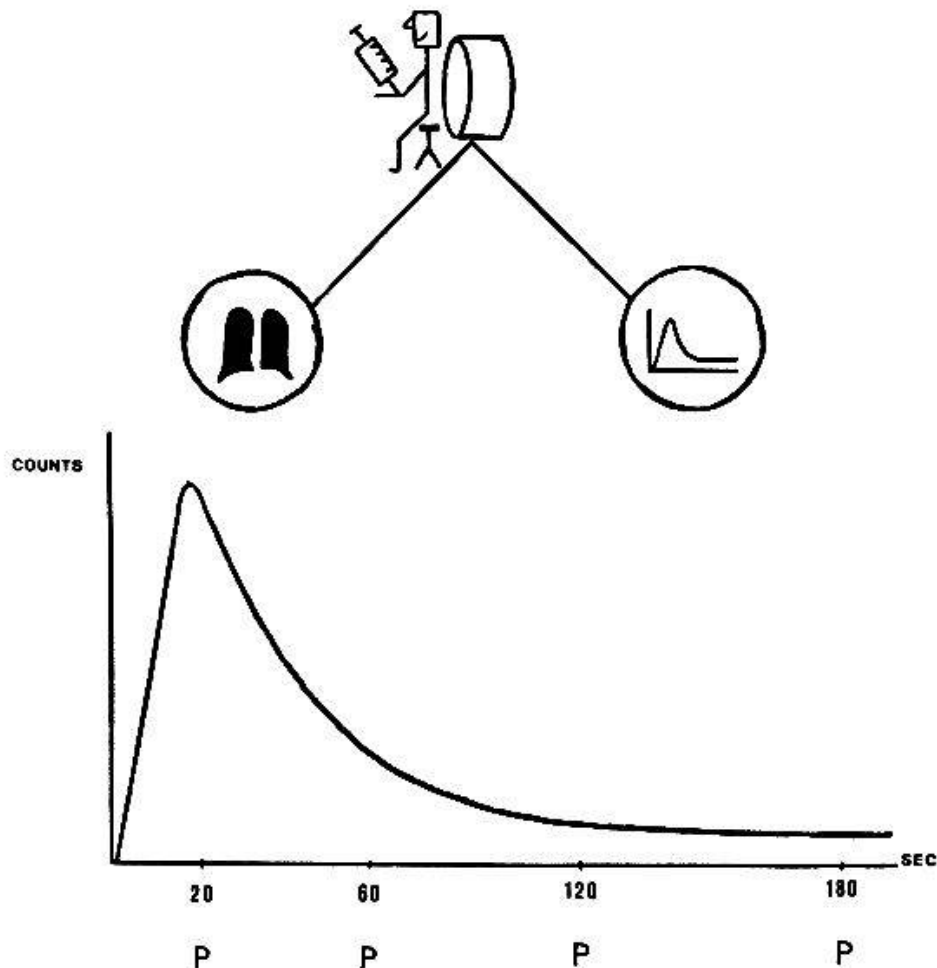


Abb. 1b. Perfusion.

anteil aufnahm (ca. 40% – die ganze rechte Lunge sogar 50%). Die Auswaschkurven waren in diesem Bereich normal, im mengenmässig reduzierten, rechten Mittel- und Oberfeld diskret verzögert. Auch in der linken Lunge wurden regionale Störungen szintigraphisch sichtbar. Eine Thorakotomie hätte eine nochmalige 50%ige Verminderung der funktionellen Kapazität der Restlunge bedeutet.

Häufiger als die eben geschilderte, drastische Situation ist die Abklärung der Operabilität bei Lungenkarzinom. Im Fall eines Karzinoms des linken Hauptbronchus springt bei der Serienschintigraphie nach intravenöser Xenonapplikation die Perfusionsstörung in weiten Gebieten der linken Lunge sofort in die Augen (Abb. 3a). Während sich die bereits röntgenologisch festgestellte Atelektase des linken Unterlappens zu keinem Zeitpunkt darstellt, werden auf Spätbildern im Oberlappen noch wenig lufthaltige und schlecht ventilierte Gebiete deutlich. Die Inhalationsszintigraphie bringt analoge Bilder und zeigt ebenfalls eine geringe Restbelüftung des linken Oberlappens. Die Funktionskurven (Abbildung 3b nur Oberlappen) geben einen quantitativen Eindruck der Unterschiede. Bei der Inhalation erreicht die Aktivitätsmenge nur noch etwa 10% der Gegenseite. Der Xenon-Washout ist stark verzögert. Analog verändert ist die Perfusionskurve. Die geringere Peak-Höhe wider-

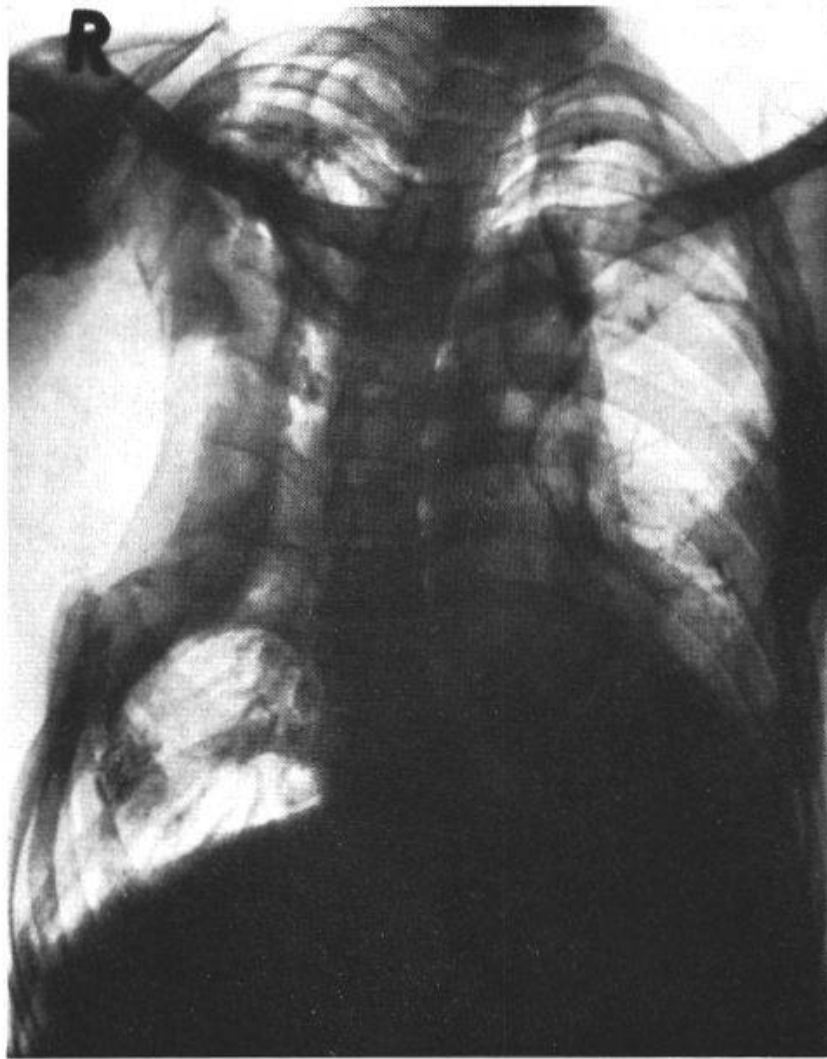


Abb. 2a.

Abb. 2. Indikation zur Thorakotomie? – a) Röntgenbild bei Status nach operativer Sanierung einer kavernen Lungen tuberkulose (Muskelplombe).

spiegelt sicher die eingeschränkte Durchblutung, während die verzögerte Halbwertszeit des Washout sowohl Ausdruck der geringen Menge des angefluteten Xenons als auch der gestörten Belüftung ist. Festzuhalten ist, dass bei diesem Krankheitsbild das Ventilations- wie das Perfusionsstudium ein gleichsinniges Resultat ergeben. Daneben überrascht, dass im vollständig atelektatischen Bezirk, selbst mit Xenon, keine messbare Perfusion nachgewiesen werden kann, ein Phänomen, das wir vom Jod-131-Makroaggregat her kennen.

ad 2: Verlaufskontrollen zur bildlichen und quantitativen Dokumentation des Therapieerfolges

Hierzu sei lediglich der Fall eines Bronchuskarzinoms im linken Oberlappen gezeigt. Unter der therapeutischen Bestrahlung wurden nach einem Monat und bei Abschluss nach 3 Monaten ein Xenonstudium durchgeführt. Auf Grund der steigenden Xenonanreicherung im linken Oberlappen konnte die schrittweise Wiederbelüftung belegt werden (Abb. 4).

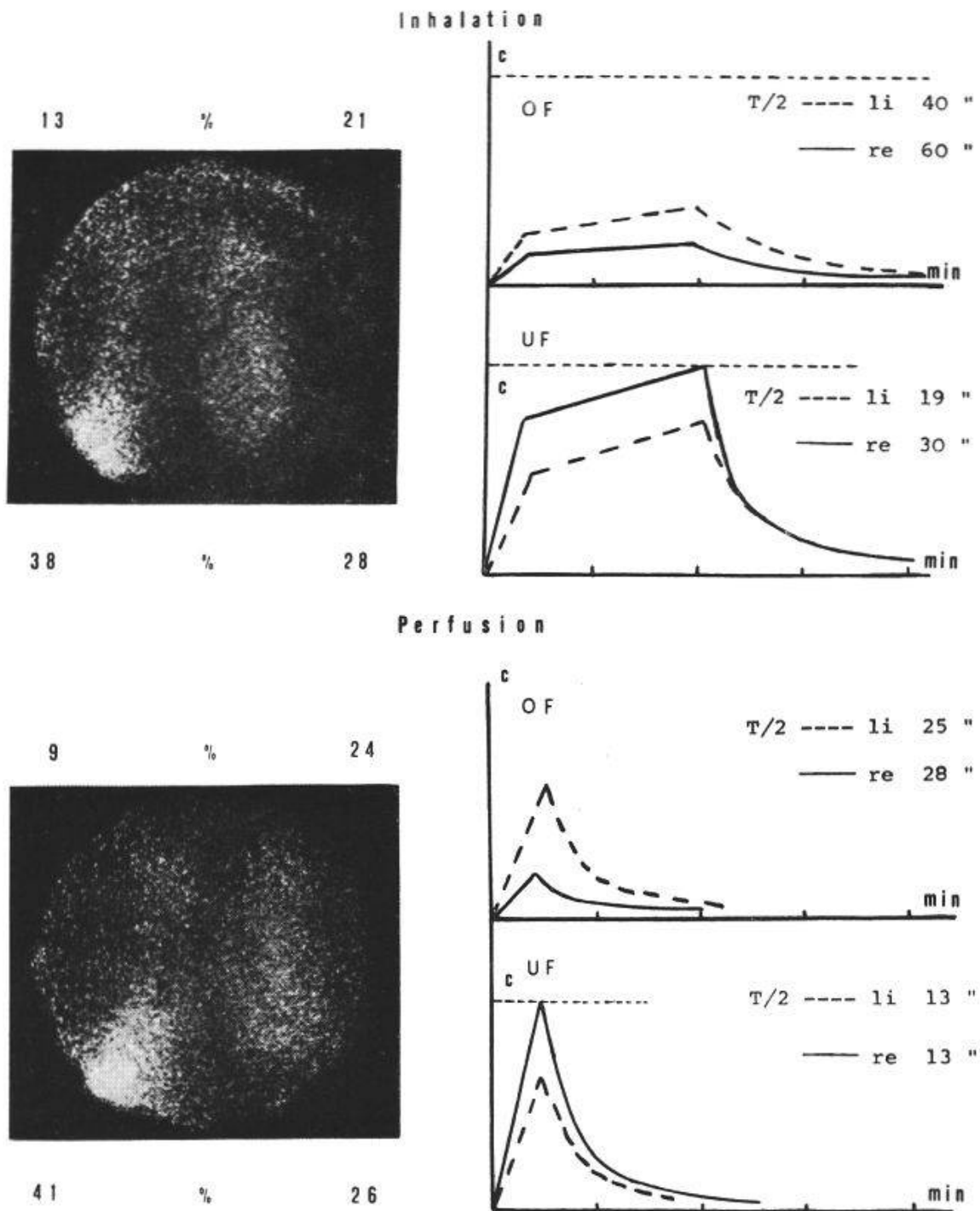
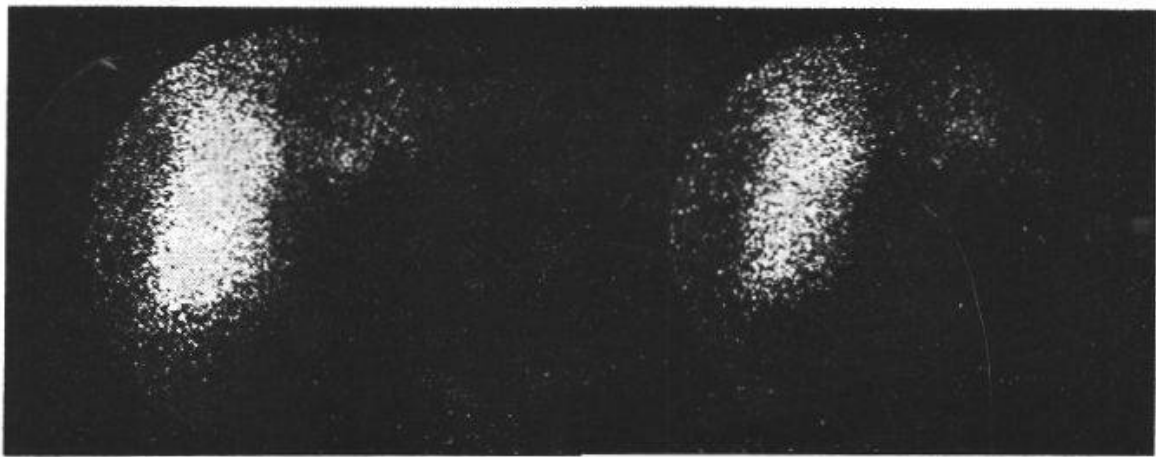


Abb. 2b.

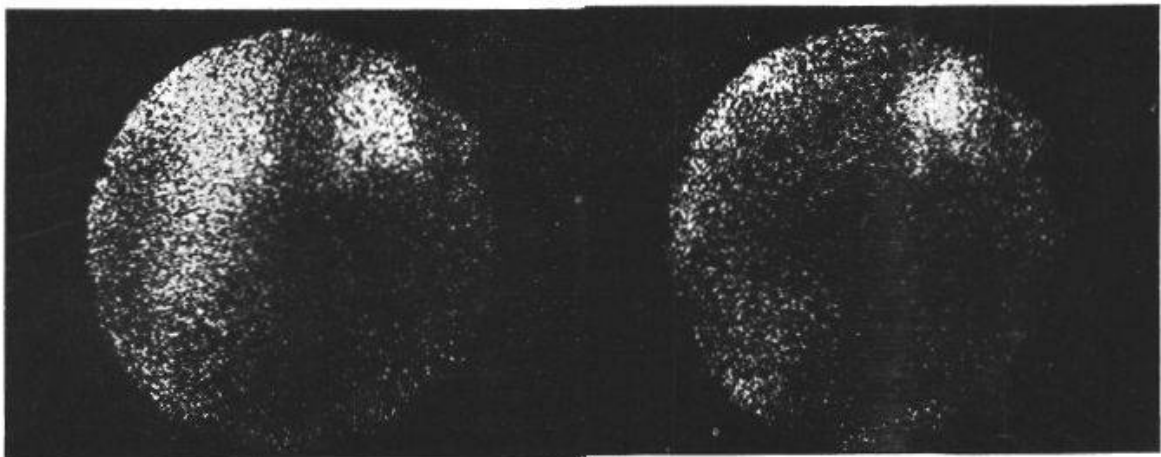
b) Inhalations- und Perfusionsstudium mit Xenon-133. Washout-Kurven und prozentualer Anteil der einzelnen Lungenfelder bezogen auf die Gesamtlunge.

Ausdrücklich sei in diesem Fall auf die Unterschiede zwischen der Aerosol- und der Xenoninhalation hingewiesen. Aus den spezifischen Gründen, die im letzten Vortrag besprochen worden sind, schlägt sich das Aerosol an Orten erhöhter Turbulenz (wie Stenosen, Wandunebenheiten, oder auch bei erhöhtem endobronchialen Widerstand) verfrüht nieder. Der davon peripher gemessene Aktivitätsanteil entspricht nicht mehr der tatsächlichen Belüf-



5 sec

30 sec



3 min

5 min

Abb. 3a.

Abb. 3. Karzinom des linken Hauptbronchus mit Atelektase des Unterlappens. –
a) Serienschintigramme nach Xenon-133 i.v.: Unterlappen ohne Luftreste, Gastrapping
im Oberlappen.

tung, wie dies hier anhand der Xenoninhalation belegt werden kann. Auf Grund dieser Befunde müssen heute vergleichende Ventilationsmessungen nach der Aerosolmethode kritisch beurteilt werden. Ein Resultat wird nur dann korrekt sein, wenn die Intaktheit der Bronchialwege bewiesen ist.

ad 3: Erweiterung der konventionellen Lungenschintigraphie durch die Serienschintigraphie mit Xenon-133

Dies ist wahrscheinlich die wichtigste Einsatzform. Zuerst seien die Ergebnisse beim *Lungenemphysem* besprochen. Im abgebildeten Fall (Abb. 5) fand sich eine isolierte, grosse Bulla im linken Oberlappen. Diese lokalisierte Blase, bei sonst unauffälliger Restlunge, bildete für das Xenonstudium bei Emphysem geradezu eine Modellsituation. Auch hier fällt das gleichsinnige Verhalten des Xenon-Washouts bei Inhalation und Perfusion auf, das wir von vor-

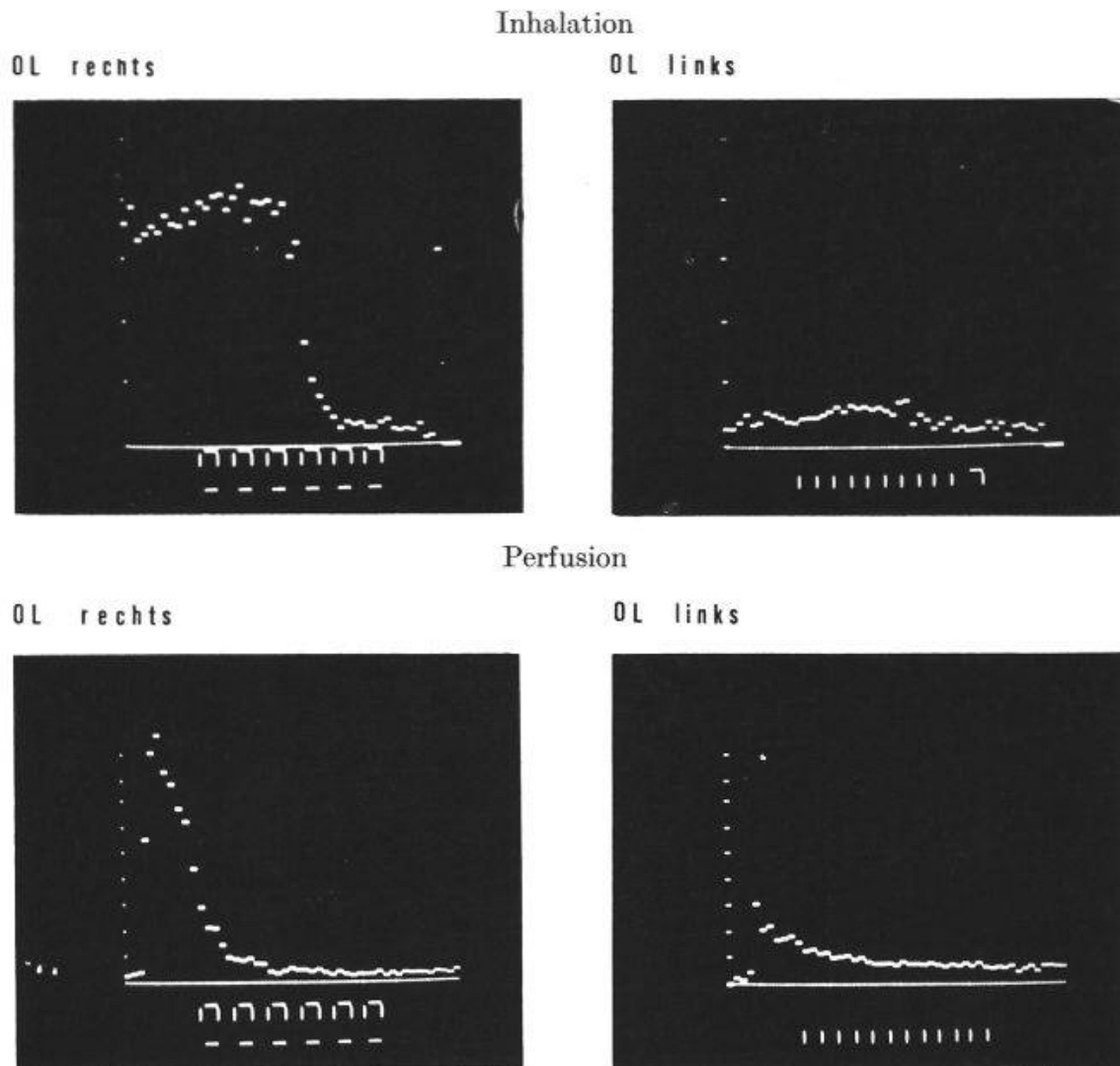


Abb. 3b.

b) Vergleich des prozentualen Belüftungs- und Perfusionsanteils und der Washout-Kurven zur gesunden Gegenseite.

gängigen Krankheitsbildern her kennen. Daraus muss gefolgert werden, dass dieser Parameter lediglich eine verzögerte Abatmung des Gases bedeuten kann und keine zusätzlichen, diagnostischen Schlüsse zulässt. Ferner wird in diesem Fall auch der Vorteil der regionalen Analyse deutlich. Bei Berücksichtigung der ganzen linken Lunge nämlich verläuft die Auswaschkurve wesentlich steiler, so dass eine fast normale Situation angenommen werden könnte. Das Perfusionsstudium zeigt eine verminderte Vaskularisation des linken Oberlappens. Im Gegensatz zur Atelektase wird jedoch der lufthaltige Raum auf Spätbildern, wahrscheinlich auf bronchogenem Wege erkennbar. Die Ventilationskurve zeigt, neben dem verzögerten Washout, eine für das Emphysem typische, verlangsamte Xenoneinmischung (Punkt A unter 70%). In den gesunden Lungenpartien sind alle Messparameter normal.

Anhand einer Mittellappenpneumonie rechts bei bestehendem, mittelschwerem Emphysem (Abb. 6) sei auf den differentialdiagnostischen Wert der simultanen Ausführung des Ventilations- und Perfusionsstudiums in einem

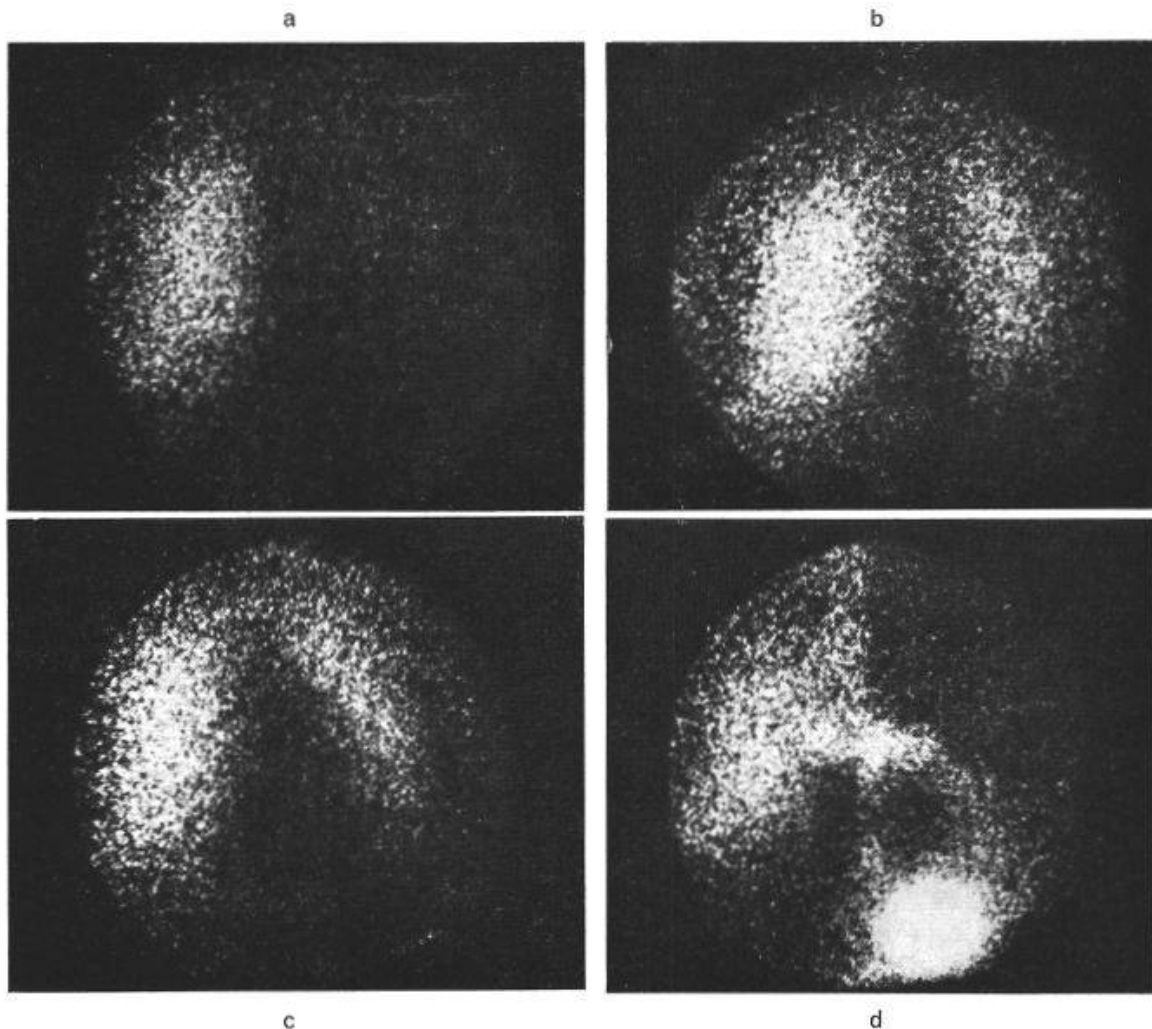


Abb. 4. Inhalationsszintigramme zur Dokumentation eines Therapieerfolges. – a) Xenon vor der Bestrahlung, b) Xenon nach 1 Monat, c) Xenon nach 3 Monaten, d) Aerosol nach 3 Monaten: weiterhin Obstruktion des linken Oberlappenbronchus.

ersten Krankheitsbild hingewiesen. Bei der Inhalationsszintigraphie waren sowohl die infiltrierte als auch die emphysematische Lungenregionen als wenig belüftete Areale deutlich zu lokalisieren. Das nachfolgende Perfusionsstudium half die Ausfälle ätiologisch weiter zu differenzieren. Im Pneumoniegebiet, wiederum als aktivitätsarme Zone erkennbar, ändert sich der Kontrast im Verlauf der Xenonabatemung nicht. Die Halbwertszeit des Washout der relativ geringen Aktivitätsmenge, die in den infolge der Entzündung eingeschränkten Luftraum übergetreten war, war sogar normal, was auf eine ungestörte Abatemung hinwies. Dagegen wurden die emphysematischen Gebiete, vor allem eindrucklich im rechten Oberlappen, nach der intravenösen Xenonapplikation im positiven Kontrast gegenüber der Umgebung deutlich. Der typischerweise flachere Abfall der Washout-Kurve führte im Diagramm zu einem Kreuzungsphänomen. Voraussetzung dazu ist natürlich eine im wesentlichen uneingeschränkte Perfusion, da sonst der Kurvenpeak niedriger liegen würde.

Nebenbei sei auch hier auf den Unterschied zwischen der Aerosol- und

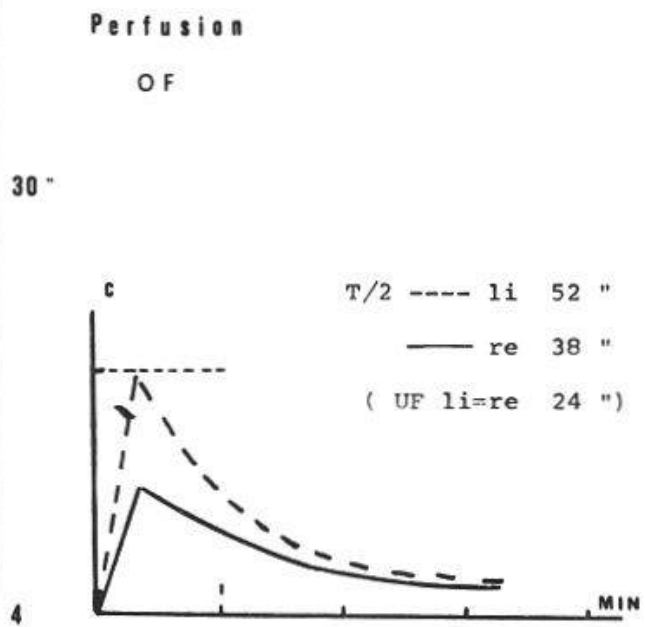
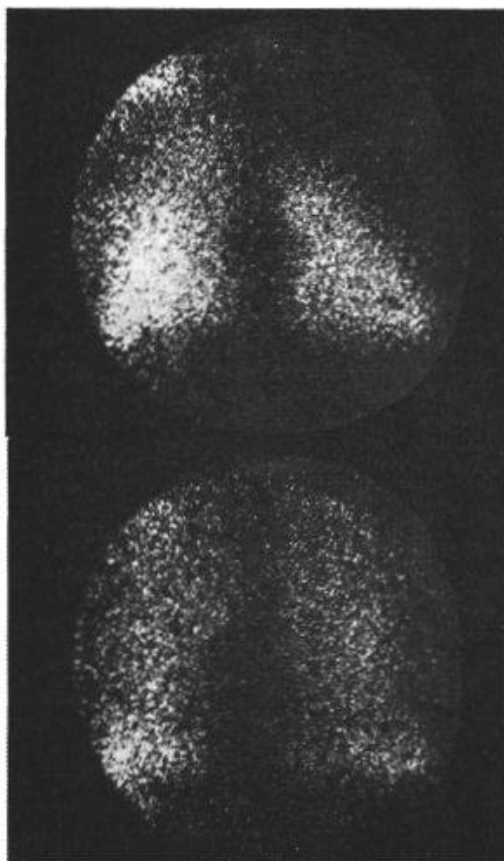
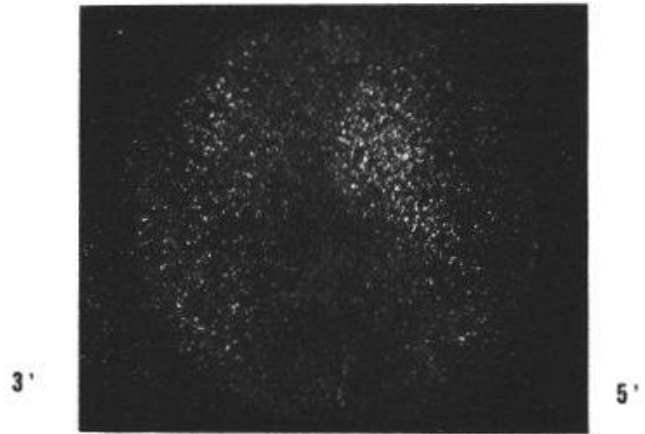
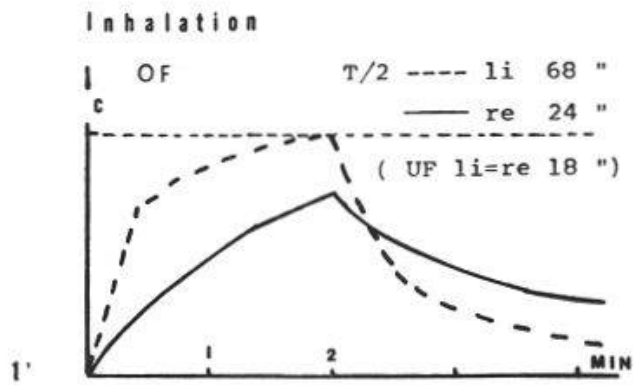
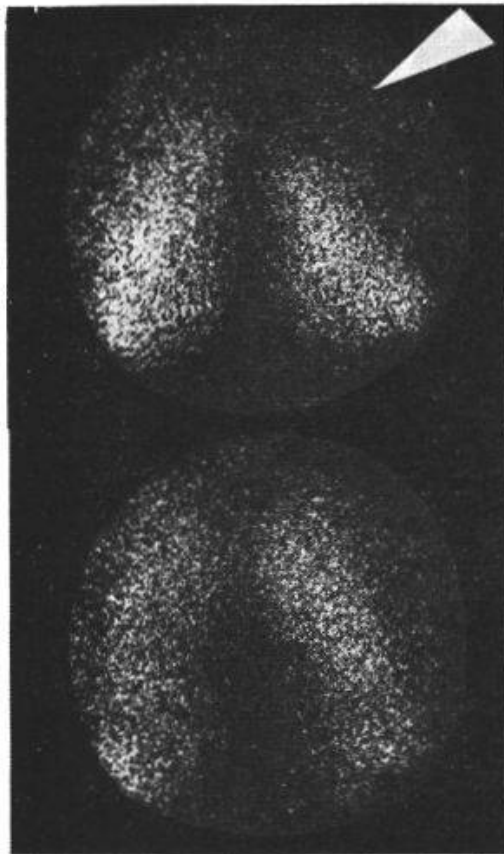


Abb. 5. Isolierte Emphysembulla im linken Oberlappen. Serienschintigramme von Inhalation und Perfusion mit Xenon-Washout-Kurven: verzögerte Xenoneinmischung im Emphysemgebiet und verlängerte T/2 (über 30 sec).

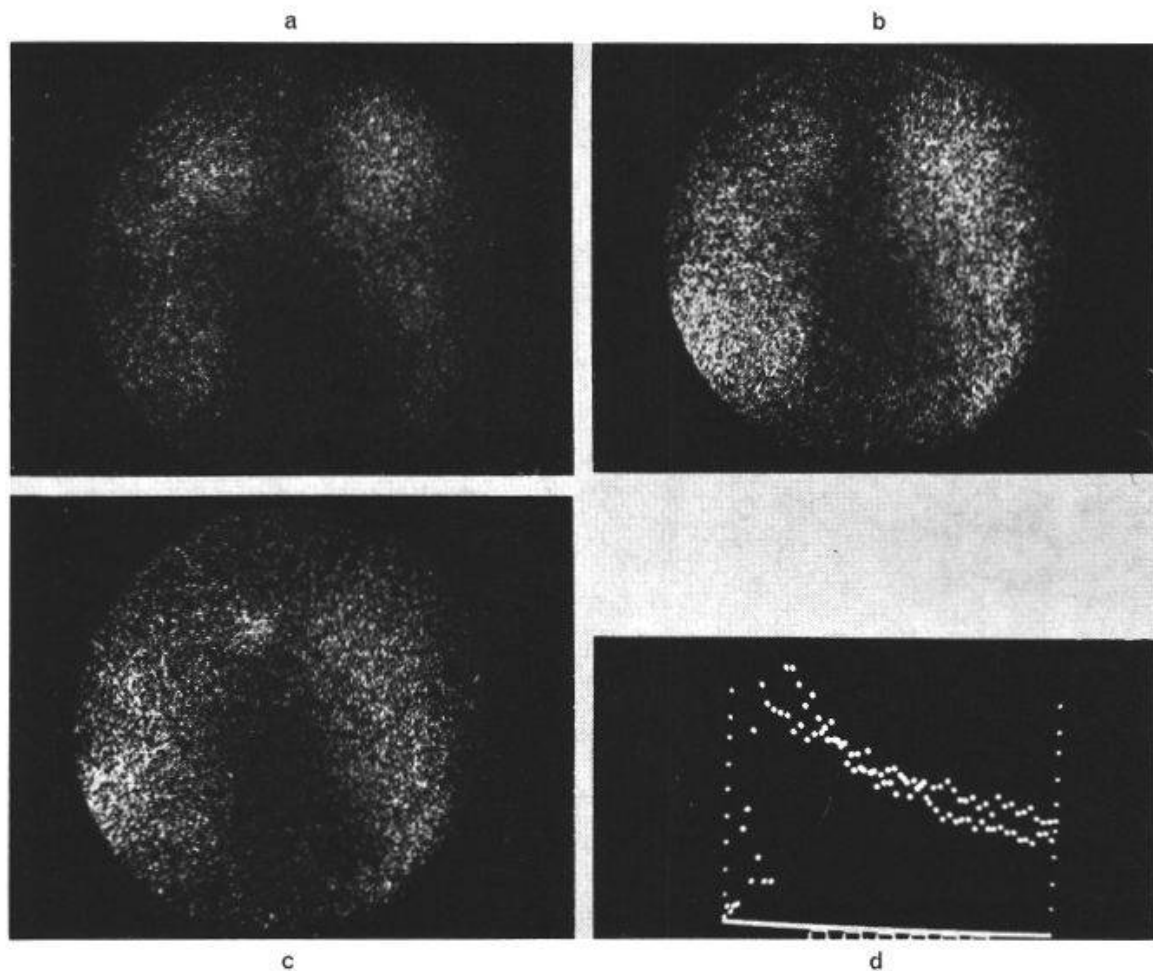
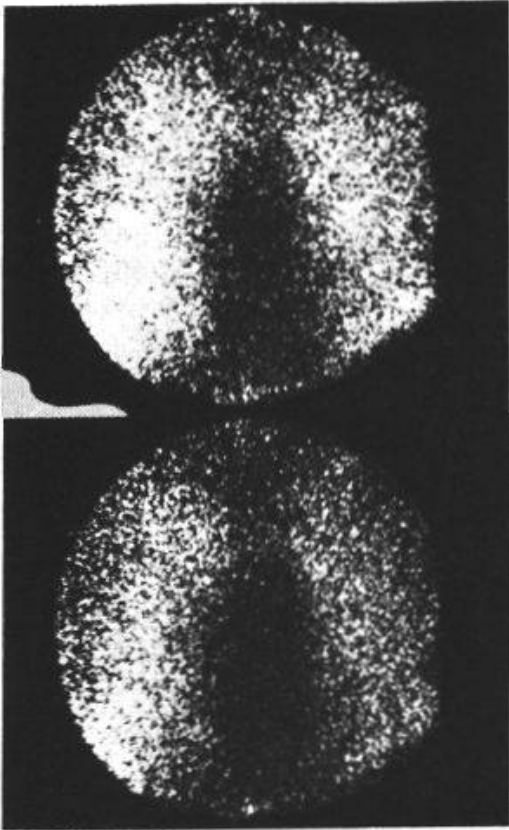


Abb. 6. Pneumonie des rechten Mittellappens, Emphysem. – a) Xenoninhalation, b) Aerosolinhalation, c) Xenonperfusion (Emphysemlase im positiven Kontrast), d) Washout-Kurven von inhaliertem Xenon beider Oberlappen mit sogenannten Kreuzungsphänomenen (s. Text).

der Xenonszintigraphie hingewiesen. Die Aktivitätsverteilung ist auffallend ähnlich. Eine zentrale Impaktion des Aerosols fehlt, womit die Intaktheit des Bronchialbaums und das Fehlen eines nennenswerten bronchialen Widerstandes bewiesen sind. Es handelt sich um ein seltenes, isoliertes Emphysem ohne obstruktive Komponente.

Im Rahmen des diagnostischen Einsatzes der Lungenszintigraphie bildet nach wie vor die *Lungenembolie* (Abb. 7) die wichtigste Indikation. Gerade hier hängt die Therapiewahl (Operation, Fibrinolyse, Antikoagulation oder ander konservative Massnahmen) wesentlich von der schnellen Diagnosestellung ab. Dabei können dem Patienten keine belastenden Untersuchungen zugemutet werden. Im demonstrierten Fall handelt es sich um ausgedehnte Embolien im Ober- und Mittelbereich der linken Lunge. Die Perfusionsszintigramme mit Xenon und markiertem Makroaggregat deckten die zu erwartenden Durchblutungsstörungen auf. Die Xenon-Washout-Kurve war im entsprechenden Lungengebiet in einer Weise verändert, wie wir sie von anderen Lungenaffektionen her kennen. Verständlich ist bei der gestörten Perfusion die niedrige Peak-Höhe der Kurve. Bei der Lungenembolie ist jedoch die Ven-

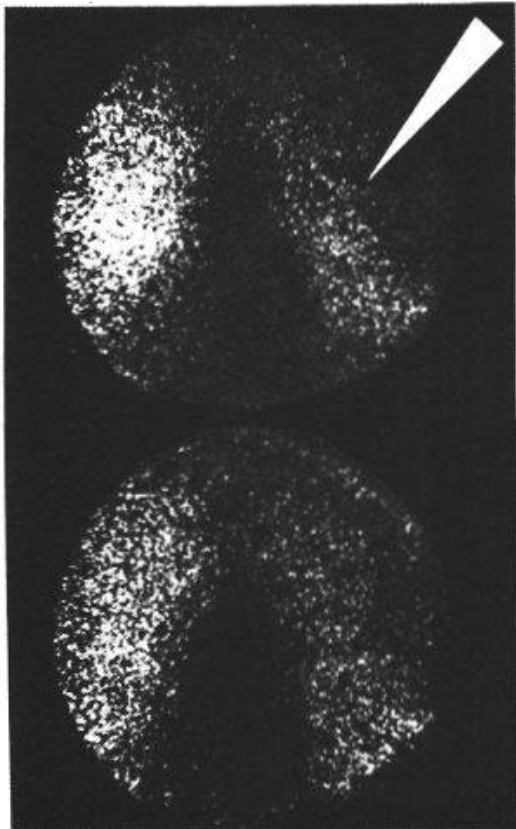
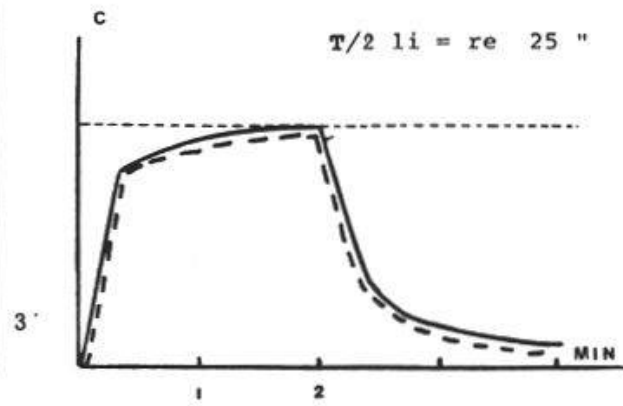


LUNGENEMBOLIE

Inhalation

1'

OF



Perfusion

OF

15''

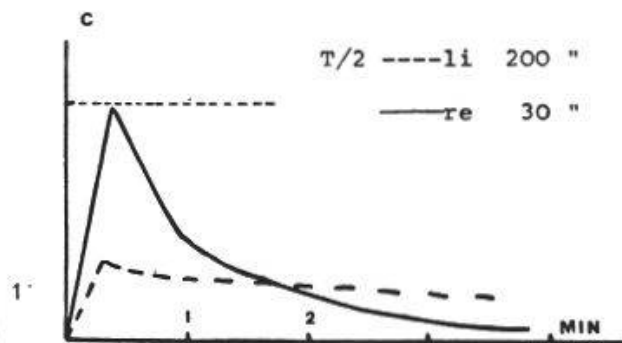


Abb. 7. Lungenembolie. Abhängigkeit von $T/2$ von der angefluteten Xenonmenge.

tilation nicht gestört, wie wir auf Grund des völlig normalen Inhalationsstudiums mit Xenon auch in diesem Falle zeigen konnten. Trotzdem war die Halbwertszeit des Xenon-Washout bei der Perfusion verlängert. Dies belegt deutlich die Abhängigkeit dieses Werts von der angebotenen Xenonmenge und dem besprochenen Summationseffekt von Perfusion, Diffusion und Ventilation. Wir dürfen also auf Grund des Perfusionsstudiums allein, auch mit Xenon, nicht die Diagnose einer Lungenembolie stellen, da wir nichts über die Belüftung aussagen können. Da auch das Röntgenbild diese Auskunft nicht bringen kann, sind wir auf die Inhalationsszintigraphie weiter angewiesen, wenn wir die Lungenembolie beweisen und nicht nur vermuten wollen. Früher wurde infolge des grossen technischen Aufwandes und der Belastung des Patienten, dessen Kooperation wichtig war, verständlicherweise auf eine Aerosolinhalation oft verzichtet. Xenon hingegen kann mittels eines Atembeutels leicht dem Patienten während einiger Atemzüge offeriert werden. Ohne diesen umlagern zu müssen, sind nach 5 min auch die Ventilationsverhältnisse abgeklärt, und das Resultat des Perfusionsstudiums kann richtig interpretiert werden.

Zusammenfassung

Mit dem Xenon-133 steht heute ein Radiopharmakon zur Verfügung, das ohne Belastung des Patienten, in zeitlich unmittelbarer Folge, sowohl Ventilations- als auch Perfusionsstudien erlaubt. Innerhalb von 15–20 min können in zwei Untersuchungsphasen Auskünfte über die Perfusion und die Ventilation in einzelnen Lungenpartien regional und simultan gewonnen werden. Diese bestehen, neben der bildlichen Dokumentation durch die Serienschintigraphie mit der Gammakamera, vor allem in zusätzlichen quantitativen Parametern, die die regionale Funktionslage beurteilen helfen. Die Kenntnis des lokalen Belüftungs- oder Perfusionsanteils prozentual zur Gesamtlunge ist im Rahmen der Abklärung der Operabilität oder zur Beurteilung eines Therapieerfolges wichtig. Typische serienschintigraphische Bilder und Washout-Kurven des inhalierten und intravenös injizierten Xenons helfen hypoventilierte und schlecht perfundierte Lungenareale zu erkennen und ätiologisch zu differenzieren, was mit der Aerosolmethode nur unter speziellen Voraussetzungen möglich ist. Dazu ist jedoch immer ein kombiniertes Inhalations- und Perfusionsstudium nötig, da das intrapulmonale Verhalten des Xenons von verschiedenen Faktoren (Belüftungsgrad bei der Inhalation, Perfusion, Diffusion und Ventilationslage für das intravenös applizierte Xenon) abhängt [5]. Gerade am Beispiel der Lungenembolie wird einerseits diese Notwendigkeit der kombinierten Lungenschintigraphie deutlich, andererseits kann aber auch auf die geringere Belastung des Patienten und Vereinfachung des Untersuchungsablaufs der Lungenschintigraphie seit der Einführung des Xenon-133 hingewiesen werden.

Résumé

Avec le Xe-133 nous disposons aujourd'hui d'un radio-isotope permettant l'étude des ventilation et perfusion pulmonaires l'une à la suite de l'autre, sans inconvénients pour le malade. Les deux phases de l'examen nous renseignent en 15 à 20 minutes simultanément sur les ventilation et perfusion de territoires pulmonaires isolés. Outre la documentation photographique de séquences scintigraphiques obtenues grâce à la caméra à scintillation, les paramètres quantitatifs reçus permettent d'évaluer mieux la fonction pulmonaire régionale. Dans le cadre des examens préopératoires ou d'un bilan après thérapie, il est précieux de connaître les taux régionaux de ventilation et perfusion pulmonaires par rapport aux valeurs globales correspondantes. Les images scintigraphiques sériées et les courbes wash-out typiques obtenues après inhalation et injection intraveineuse de Xe contribuent à reconnaître les territoires pulmonaires hypoventilés et insuffisamment perfusés, à en différencier l'étiologie, ce qui n'est possible avec la méthode aérosol que dans des conditions particulières. Pour ce faire, il est toujours indispensable de combiner les études inhalation et perfusion parce que le comportement intrapulmonaire de Xe dépend de plusieurs facteurs (taux d'aération pour l'inhalation; perfusion, diffusion et état de ventilation pour le Xe intraveineux). C'est précisément dans l'exemple de l'embolie pulmonaire que la nécessité de procéder à la scintigraphie pulmonaire combinée nous paraît évidente. La simplification de l'examen scintigraphique pulmonaire depuis l'introduction du radioxénon-133 enfin diminue encore les inconvénients pour le malade.

Riassunto

Grazie al Xenon-133 possediamo oggi un farmaco radioattivo che, senza sforzo per il paziente e senza perdita di tempo, ci permette di studiare sia la ventilazione che la perfusione. Nello spazio di 10-20 minuti è possibile in due fasi d'investigazione di ottenere informazioni regionali e simultanee sulla perfusione e la ventilazione delle singole parti del polmone. Queste informazioni, oltre alla documentazione figurativa per mezzo della scintigrafia in serie fatta con la camera gamma, si compongono specialmente di ulteriori parametri quantitativi, che aiutano a interpretare la funzione regionale. La conoscenza della ventilazione e perfusione locale in rapporto a quelle del polmone intiero è molto importante per determinare il grado di operabilità o giudicare un successo terapeutico. Le immagini tipiche ottenute con la scintigrafia in serie come pure le curve «washout» dello Xenon inalato e iniettato nella vena aiutano a riconoscere le regioni polmonari ipoventilate e con perfusione insufficiente e a differenziarle eziologicamente, ciò che con il metodo dell'aerosol è possibile solo in condizioni speciali. A tale scopo è necessario però di combinare sempre lo studio della inalazione e della perfusione, questo perchè il comportamento intrapolmonare del Xenon dipende da differenti fattori (grado di ventilazione per l'inalazione; perfusione,

diffusione e situazione momentanea della ventilazione per lo Xenon iniettato nella vena) [5]. Proprio l'esempio dell'embolia polmonare mette in evidenza questa necessità di una scintigrafia polmonare combinata; d'altra parte si può anche richiamare l'attenzione sul fatto che essa rappresenta uno sforzo minimo per il paziente e sulla semplificazione della procedura nella scintigrafia da quando è stato introdotto il radioxenon-133.

Summary

With Xenon-133 we have today a radiopharmakon which permits ventilation and perfusion studies to be made in immediate succession without burdening the patient. Within 15 to 20 min. two phases of investigation can be performed to give information on the perfusion and ventilation of individual parts of the lung simultaneously. Information so obtained consists above all in the additional quantitative parameters which help to judge the functional situation of the regions of the lung, in addition to the pictures obtained by series scintigraphy with the gamma camera. The knowledge of the local aeration or perfusion as percent of the whole lung is important for the clarification of the possibilities of operation and the judgement of the right therapy to follow. Typical series scintigraphic pictures and wash-out curves of the inhaled and intravenously injected Xenon help to recognize the hypoventilated and badly perfused areas of the lung and to differentiate them etiologically, which is only possible with the aerosol method under special conditions. It is however also always necessary to add a combined inhalation and perfusion study, since the intrapulmonary behaviour of Xenon depends upon different factors (degree of aeration at inhalation; perfusion, diffusion and ventilation level for the intravenously injected Xenon) [5]. The example of a lung embolism clearly shows the necessity of the combined lung scintigraphy on the one side, and on the other side the advantage of less burdening of the patient, and the simplification of the procedure of scintigraphy of the lung since the introduction of radio-Xenon-133 should be noted.

1. BALL, W. C. jr., STEWART P. B., NEWSHAM L. G. S. und BATES D. V.: Regional pulmonary function studied with Xenon-133. *J. clin. Invest.* 41, 519-531 (1962).
2. ISAWA T., WASSERMAN K. und TAPLIN G. V.: Lung scintigraphy and pulmonary function studies in obstructive airway disease. *Amer. Rev. resp. Dis.* 102, 161-171 (1970).
3. KETY S. S.: The theory and applications of the exchange of inert gas at the lungs and tissues. *Pharm. Rev.* 3, 1-41 (1951).
4. LEWIS D. H.: Intraoperative blood flow measurements with Xenon washout technique. *Progr. Surg.* 8, (1969).
5. LOCHER J. TH., GOERG R., HERZOG H. und FRIDRICH R.: Die Lungenszintigraphie mit radioaktiven Gasen und Aerosolen. *Fortschr. Röntgenstr.* 1971 (im Druck).
6. LOKEN M. K. und WESTGATE H. D.: Evaluation of pulmonary function using Xenon-133 and the scintillation camera. *Amer. J. Roentgenol.* 100, 835-843 (1967).

7. LOKEN M. K., MEDINA J. R., LILLEHEI J. P., L'HEUREUX P., KUSH G. S. und EBERT R. V.: Regional pulmonary function evaluation using Xenon-133, a scintillation camera and computer. *Radiology* 93, 1261–1266 (1969).
8. MISKIN F. S., BRASHEAR R. E. und REESE I. C.: Evaluation of regional perfusion and ventilation using Xenon-133 and the scintillation camera. *Amer. J. Roentgenol.* 108, 60–70 (1970).
9. WAGNER H. N. jr., LOPEZ-MAJANO V., LANGAN J. K. und JOSHI R. C.: Radioactive Xenon in differential diagnosis of pulmonary embolism. *Radiology* 91, 1168–1174 (1968).

Adresse des Autors: Dr. J. Th. Locher, Nuklearmedizinische Abteilung, Universitätsinstitut für Röntgendiagnostik und Strahlentherapie, Bürgerspital, CH-4056 Basel