

EIN NEUER KOLLIMATOR ZUR rCBF-MESSUNG MIT DER GAMMA-KAMERA

W. Zechmann, G. Vogl, M. Oberladstätter, G. Riccabona, F. Gerstenbrand

Einleitung und Problemstellung

Die regionale Hirndurchblutungsmessung rCBF, mittels $^{133}\text{Xenon}$ Inhalationstechnik ist eine bewährte Methode (1,5,6,7,8,11). Sie hat in der Routinediagnostik als wesentlicher Parameter zur Indikation neuer Operationsmethoden (extra-intrakranieller Bypass (3,10)) oder zur Bestimmung des Operationszeitpunktes bei Subarachnoidalblutung (4,9) zunehmend an Bedeutung gewonnen. Dennoch hat diese atraumatische Methode nicht jene Verbreitung gefunden, die man erwarten würde. Dafür sind zwei Umstände verantwortlich:

1. Ein reiner rCBF Meßplatz ist nur für diese Untersuchung verwendbar und stellt daher für eine allgemein nuklearmedizinische Abteilung eine unzumutbare Kostenbelastung dar.

2. Mit Hilfe der normalen nuklearmedizinischen Grundausstattung (Gammakamera, Rechner, Inhalationsgerät, Sondenmeßplatz) ist diese Methode nicht so ohne weiteres durchführbar und nur mit Schwierigkeiten möglich. Dafür sind mehrere Gründe maßgebend:

a. Die für die Auswertung als Inputfunktion zur Dekonvolution notwendige Zeit-Aktivitätskurve der Atemluft wird meist über einen Sondenmeßplatz gewonnen (5). Die on-line Eingabe dieser Daten erfordert einen nicht unerheblichen Aufwand an Hardware und Software. Sie wird daher meist von Hand off-line eingegeben. Die Auswertung gestaltet sich daher aufwendig.

b. Die Verwendung der üblichen Niederenergiekollimatoren liefert niedrige Zählraten über den Hirnregionen. Das erfordert die Verwendung großer Aktivitätsmengen, was bei Häufung der Untersuchung Strahlenschutzprobleme mit sich bringt. Außerdem müssen wegen dieser niedrigen Zählraten entsprechend große Regionen gelegt werden um eine ausreichende Zählstatistik zu erreichen (7,11).

c. Die Ableitung der Atemkurve mittels ROI über dem Rachen liefert kaum verwertbare Atemkurven durch hohe Hintergrundaktivität.

Durch diese methodisch bedingten Umstände erfordert daher die atraumatische Messung des rCBF mittels üblicher nuklearmedizinischer apparativer Ausstattung einen nicht unerheblichen Aufwand, was neben der erhöhten Strahlenbelastung zusätzlich zu langen Auf- und Abbaueiten der Meßgeräte führt.

Unser Ziel war es, einen einfach montierbaren Kollimator zu entwickeln, der die Vorteile eines Mehrsondenmeßplatzes (hohe Zählraten bei niedrigen Aktivitäten) auf die Gammakamera überträgt. Weiters sollte die Meßanordnung möglichst einfach sein, das heißt, es sollte vor allem auch die Atemkurve über die Gammakamera gewonnen werden können, eine on-line Verarbeitung dieser Kurve sollte möglich sein.

Der Kollimator

Der von uns zu diesem Zweck entwickelte Kollimator besteht aus zwei funktionell verschiedenen Teilen (Abb. 1).

Der obere Anteil enthält 32 Bohrungen von 3/4 Zoll Durchmesser, die in einem Oval von 20 zu 25 cm angeordnet sind (Abb. 1, Schnitt A---A). Die Zwischenräume sind mit Blei ausgekleidet, die Dicke des Kollimators beträgt 1 Zoll. Abstand, räumliche Verteilung und Maße dieser Bohrungen entsprechen handelsüblichen Mehrsondensystemen.

Unterhalb dieses Lochfeldes ist das verbleibende Kreissegment völlig mit Blei abgeschirmt. Durch diese Bleiabschirmung wird detektorseitig ein Polyäthylenschlauch von 5 mm Durchmesser quer durchgeführt. Dieser Schlauch ist Teil eines Bypasses zwischen Mundstück und Xenon-Falle (Abb. 1, Schnitt B---B).

Die Meßanordnung

Der Aufbau der Meßanordnung ist schematisch in Abbildung 2 dargestellt.

Der Kollimator wird mit Hilfe eines Aluminiumkreisringes an den serienmäßigen Insert-Adapter-Ring einer Siemens/Gamma-sonics HP IV Kamera montiert.

Der Patient sitzt oder liegt so, daß das ovale Lochfeld des beliebig drehbaren Kollimators dem Schädel seitlich anliegt. Der Kopf kann mittels einer Schlitzbinde fixiert werden.

Mittels eines Mundstückes und kurzen Verbindungsschlauches

atmet der Patient aus einem handelsüblichen, bleiabgeschirmten Inhalationsgerätes. Während der Wash-in-Phase ist das System geschlossen, während des Wash-out atmet der Patient Zimmerluft ein und durch das Spirometersystem in die Xenon-Falle aus. Der Plastikschlauch in Teil B unseres Kollimators ist Teil eines Bypasses zwischen Mundstück und Verbindungsschlauch zur Xenonfalle. Die Luft in diesem Bypass wird durch die Luftpumpe eines handelsüblichen CO_2 -Meßgerätes mit etwa 11 pro Minute angesaugt.

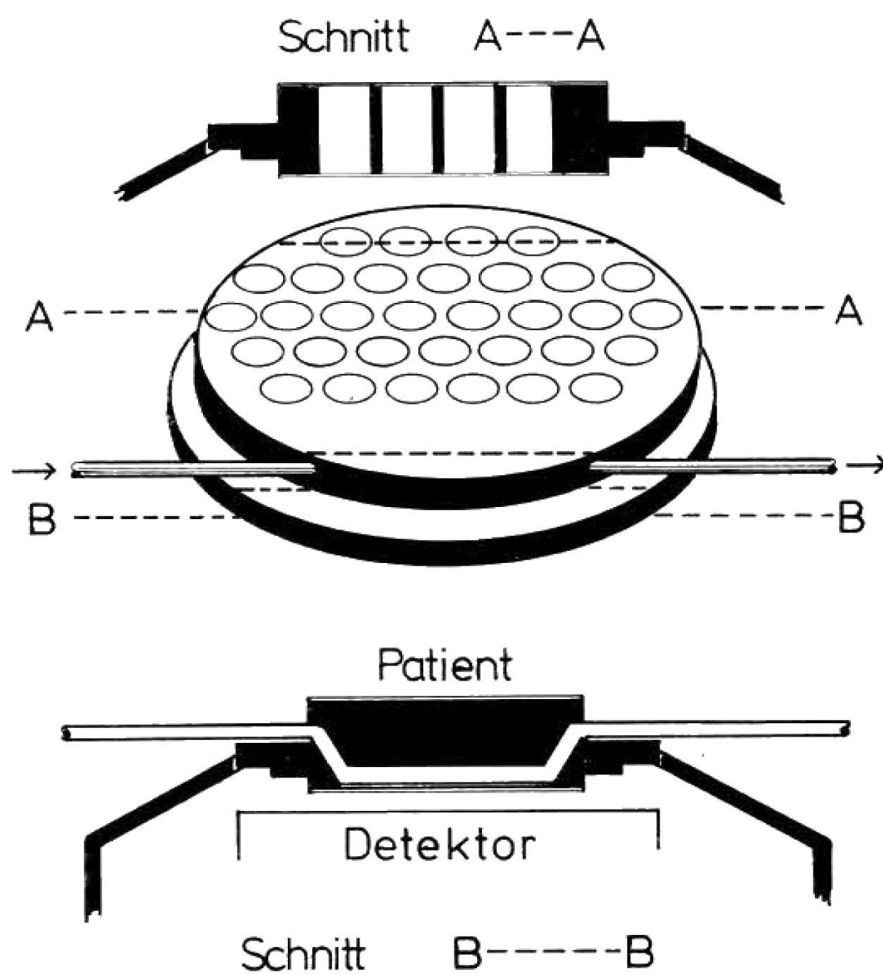


Abbildung 1 Schematisch Zeichnung des neuen rCBF-Kollimators
Beschreibung im Text.

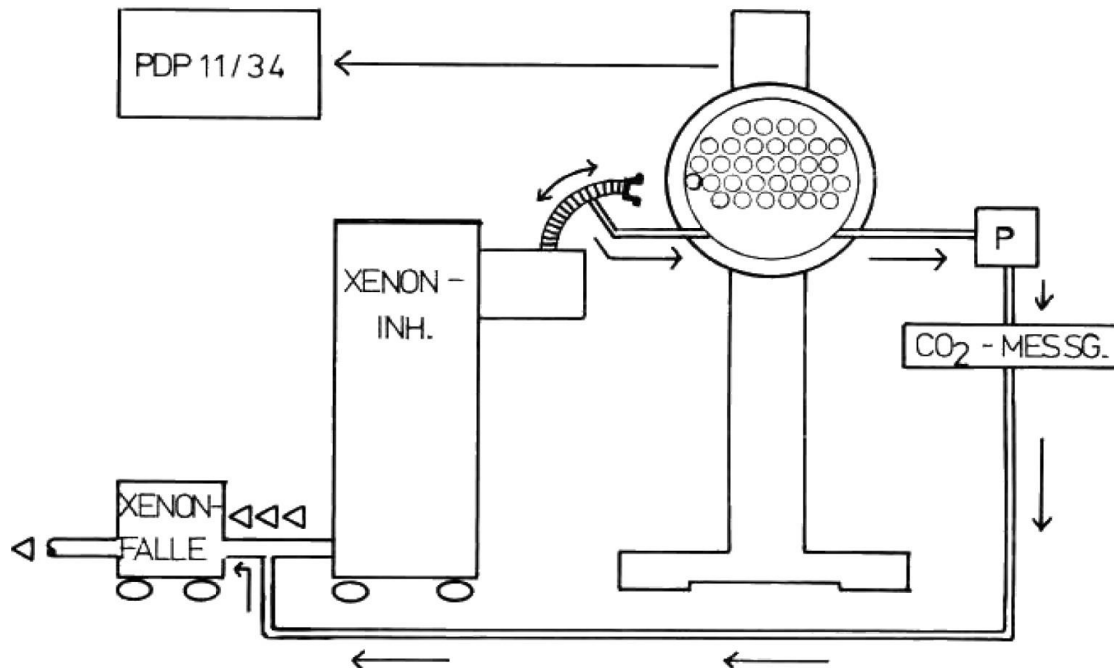


Abbildung 2 Schematische Darstellung der Meßanordnung. Der Patient ist wegen der Übersichtlichkeit nicht gezeichnet. Siehe Text.

Die Datenaufnahme und Auswertung

Die Datenaufnahme und Auswertung erfolgt on-line mit einem Computer (PDP 11/34 - Gamma 11, DEC).

Die Aufnahme erfolgt als dynamische Studie in drei Gruppen:

Gruppe 1: 1 frame pro Sekunde, 60 frames (wash-in).

Gruppe 2: 1 frame pro Sekunde, 240 frames und

Gruppe 3: 1 frame pro 6 Sekunden, 60 frames (wash-out).

Der Pfeifton des Rechners beim ersten Gruppenwechsel ist das Zeichen zum manuellen Umschalten des Inhalationssystems auf "wash out".

Zuerst wird eine Seite untersucht, 3 Stunden später die andere Seite aufgenommen.

Mittels üblicher ROI Technik werden nun die Zeit-Aktivitäts-

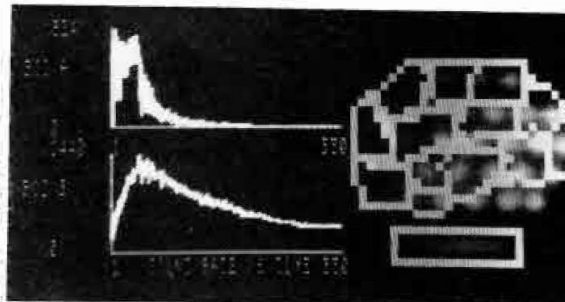
kurven der einzelnen Hirnregionen gewonnen (Eine ROI pro Kollimatorbohrung), die Atemkurve läßt sich ebenfalls sehr einfach mittels einer ROI über dem gut sichtbaren Plastik - schlauch in Kollimatorteil B ableiten. Abbildung 3 zeigt die markierten Regionen und die Atemkurve sowie eine der maximal 11 Hirnkurven (12 ROI's im Gamma-11).

Abbildung 3

Auswertungs-
beispiel.

Oben: Atemkurve

Unten: Eine Hirnkurve



Die weitere Auswertung und der Befundausdruck erfolgen on-line nach einem speziellen Programm (12).

Ergebnisse und Diskussion

Die einzelnen Bohrungen unseres Kollimators stimmen in Größe, Verteilung und Kollimierung mit den einzelnen Sonden der üblichen rCBF-Mehrsondensysteme überein. Abgesehen von den hochparietalen Regionen stimmt daher auch die Meßgeometrie überein. Aber auch diese Regionen werden ausreichend erfaßt.

Messungen mit einer ^{133}Xe -Punktquelle zeigten auf Grund der guten Auflösung der Gamma-Kamera keinen Durchstrahlungseffekt in die Nachbarregion. Es ergibt sich daher durch den Einkristall der Gammakamera kein Nachteil.

Die Zeit-Aktivitätskurve der Atemluft wird mittels ROI-Messung der Atemluft im Bypass sehr sauber gewonnen (Abb.3).

Die hohe Zählrate erlaubt eine automatische Auswertung mit einem Peaksuchprogramm (12), sodaß die Daten der für die Dekonvolution notwendigen Inputfunktion on-line im Rechner vorliegen. Die weitere Auswertung erfolgt nach den üblichen Methoden (2,5).

Die Zählraten der Hirnregionen liegen je Bohrung bei einer Aktivitätskonzentration von nur 1 mCi ^{133}Xe pro Liter.

Spirometervolumen über 10000 ncpm. Ähnlich hohe Zählraten, wie sie für eine gute rechnerische Auswertung notwendig sind, erreicht man bei konventionellen Kollimatoren mit der Gamma - Kamera nur bei Verwendung von ca. 4 mCi ^{133}Xe pro Liter und sehr großen Hirnregionen (11).

Die Verminderung der für eine Untersuchung (2 Seiten) notwendigen Gesamtaktivität von 80 - 100 mCi ^{133}Xe auf 15 - 25 mCi spielt sowohl für den Strahlenschutz der Abteilung als auch für die Belastung des Patienten eine Rolle, vor allem, wenn der Patient öfters hintereinander untersucht werden muß (Sub - arachnoidalblutung).

Schlußfolgerung

Der vorgestellte, von uns entwickelte und gebaute Kollimator erlaubt ohne großen Aufwand an Rüstzeit und ohne aufwendige Zusatzeinrichtungen die Bestimmung des rCBF mit der atraumatischen ^{133}Xe Inhalationsmethode unter Verwendung der üblichen apparativen Ausstattung einer allgemein nuklearmedizinischen Abteilung. Er gestattet weiters die Verwendung wesentlich niedrigerer Aktivitätsmengen trotz besserer Zählrate und die problemlose on-line Verarbeitung der Atemkurve.

Literatur

- (1) BLAUENSTEIN, U.W., HALSEY, J.H., WILSON, E.M., WILLS, E.L., RISBERG, J. (1977): ^{133}Xe Inhalation Method. Stroke 8, 92-102.
- (2) FLETCHER, R. (1970): A New Approach to Variable Metric Algorithms. Computer J. 13, 317-322.
- (3) LITTLE, J.R., YAMAMOTO, L., FEINDEL, W., MEYER, E., HODGE, Chr. (1979): Superficial Temporal Artery to Middle Cerebral Artery Anastomosis. J. Neurosurgery 50, 560-569.
- (4) MASAMIRO YAMAMOTO, MEYER, J., NARITOMI, H., SAKAI, F. et al. (1979): Noninvasive Measurement of Cerebral Vasospasm in Patients with Subarachnoid Hemorrhage. J. Neur. Surg. Science 43, 301-311.
- (5) OBRIST, W.D., THOMPSON, H.K., KING, C.H., WANG, H.S. (1967): Determination of rCBF by Inhalation of ^{133}Xe . Circ. Res. 20, 124-135.
- (6) OBRIST, W.D., THOMPSON, H.K., WANG, H.S., WILKINSON, W.E. (1975): rCBF Estimated by ^{133}Xe -Inhalation. Stroke 6, 245-256.

- (7) PODREKA, J., HEISS, W. D., BRÜCKE, T. (1981): Atraumatic CBF Measurement with the Scintillation Camera. Stroke 12, 47-53.
- (8) RISBERG, J., ALI, Z., WILSON, E. M., WILLS, E. L., HALSEY, I. H. (1975): rCBF by ¹³³Xenon Inhalation. Stroke 6, 142-148.
- (9) RYOJI ISHII (1979): rCBF in Patients with Ruptured Intracranial Aneurysms. J. Neurosurg. 50, 587-594.
- (10) SCHMIEDEK, P., GRATZL, O., SPETZLER, R. (1976): Selection of Patients for Extra-Intracranial Arterial Bypass Surgery Based on rCBF Measurement. J. Neurosurg. 44, 303-312.
- (11) SOCHOR, H., OGRIS, E., BRUCK, J., TSCHABITSCHER, H. (1981): Noninvasive rCBF Determination by ¹³³Xenon-Inhalation with the Gamma Camera and Functional Imaging of Wash-in and Wash-out. Eur. J. Nucl. Med. 6, 481-486.
- (12) G. VOGL (1981): Unveröffentlichte Daten.

Adressen:

Dr. Wolfgang ZECHMANN, Dr. phil. M. OBERLADSTÄDTER, Prof. Dr. G. RICCABONA, Univ. Klinik für Nuklearmedizin, Innsbruck.
Dr. G. VOGL, Prof. Dr. F. GERSTENBRAND, Neurologische Univ. Klinik, Innsbruck.
Anichstraße 35, 6020 INNSBRUCK

Auszug

Die atraumatische rCBF Messung mittels Gamma Kamera und üblicher Kollimierung erfordert relativ große Aktivitätsmengen $^{133}\text{Xenon}$ um ausreichend hohe Zählraten pro Region zu erhalten. Die Eingabe der Atemkurve von einem Sondenmeßplatz ist on-line nicht einfach möglich. Ein neuer, von uns entwickelter Kollimator für die Gamma Kamera, der mit den üblichen Mehrsondensystemen vergleichbar ist, wird vorgestellt der hohe Zählraten bei ausreichender Auflösung trotz Verwendung von niedrigen Aktivitätsmengen liefert.

Ein spezieller Atemluftbypass erlaubt die Berechnung der Atemkurve on-line mittels ROI Technik.

Der Kollimator kann einfach mittels eines serienmäßigen Kollimator Insert Adapters montiert werden.

Die rCBF Messung ist damit mit der üblichen apparativen Ausstattung einer allgemein nuklearmedizinischen Abteilung auf einfache Weise möglich.

Abstract

Atraumatic measurement of rCBF by means of gamma camera and conventional collimators requires high doses of $^{133}\text{Xenon}$ to obtain high count rates over the cerebral ROI's. The input of time-activity curve of breathing air by means of a probe measurement is not possible on line without difficulties. A new collimator, developed by ours, which is comparable with standard rCBF-Multiprobe systems, which allows high countrates and low dose of $^{133}\text{Xenon}$ is presented.

A special air bypass enables to get the breathing curve with simple ROI technique.

The collimator can easily be adapted to the camera by means of an insert adapter ring.

With this collimator the rCBF measurement with conventional equipment of a nuclear medicine departement is possible.

Extrait

L'enregistrement atraumatique du "rCBF" avec une gamma-caméra et des collimateurs conventionnels ne peut être réalisé qu'avec de fortes doses de ^{133}Xe pour obtenir des comptes suffisants au niveau des régions étudiées. L'enregistrement de l'activité dans l'air respiratoire est difficile on-line avec un détecteur séparé. Un nouveau collimateur pour gamma-caméra est présenté, qui est comparable à la géométrie des systèmes multi-détecteurs et qui permet d'enregistrer un nombre de comptes suffisant avec une résolution satisfaisante, même à doses d'activité réduites. Un "by-pass" spécial de l'air respiré permet de calculer la fonction de la concentration du ^{133}Xe dans l'air avec un anneau d'adaptation dans les collimateurs conventionnels. L'enregistrement du "rCBF" est ainsi facilement réalisable avec l'équipement normal d'un service de Médecine Nucléaire ordinaire.

RADIOAKTIVE ISOTOPE IN KLINIK UND FORSCHUNG

15. Band

**Gasteiner
Internationales Symposium
1982**

**Herausgegeben
von
Rudolf Höfer
Helmar Bergmann**

SEPARATUM

**Verlag
H. Egermann**



All rights reserved by:
Verlag H. Egermann
Hernalser Hauptstraße 196, A-1170 Wien, Österreich