

Nierendurchblutung und renale Blutverteilung

Autor(en): **Truniger, B. / Grandchamp, A.**

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: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-307881>

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.

Nierendurchblutung und renale Blutverteilung¹

B. TRUNIGER und A. GRANDCHAMP

I. Problemstellung

Für den, der sich Rechenschaft gibt über den funktionellen Aufbau der Niere, kann kein Zweifel darüber bestehen, dass dieses Organ hämodynamisch nicht länger als «black box» betrachtet werden kann. Zwar liefert die Messung der Gesamtdurchblutung der Niere für die Klinik wie für die Forschung nach wie vor wesentliche Aufschlüsse. Die bisher so mangelhaft bekannten Zusammenhänge zwischen Ausscheidungsfunktion und Durchblutung der Niere lassen sich indessen nur klären, wenn es gelingt, anstelle des Gesamtorgans gewissermassen die Teilorgane der Niere – Nierenrinde, äussere und innere Markzone – getrennt zu erfassen. Die Abgrenzung dieser Teilorgane rechtfertigt sich einerseits aus der Architektur des renalen Gefässbaums, andererseits aus der Verteilung der Partialfunktionen innerhalb der Niere [5, 10]: Die Nierenrinde, die im wesentlichen Glomerula, proximale und distale Konvolute enthält und damit Ultrafiltration und isotone Rückresorption von rund 80% des Primärharns bewerkstelligt, wird über die Aa. arcuatae und Aa. interlobulares versorgt. Von den letzteren zweigen die afferenten Arteriolen ab, die über glomeruläre Kapillarschlingen, efferente Arteriolen und peritubuläre Kapillarnetze den venösen Teil des Gefässbaums erreichen. Die Markzonen werden im wesentlichen aus den efferenten Gefässen der tiefen juxtamedullären Glomerula versorgt. Unter Aufsplitterung in eigentliche Kapillarbündel tauchen diese Gefässe durch die subkortikale Zone in die äussere und innere Markzone und versorgen ein zwischen den Bündeln gelegenes, in der äusseren Markzone dichtes, in der inneren Markzone wesentlich lockeres Gefässnetz (Abb. 1) [15]. Schliesslich wird auch das perirenale Fettgewebe direkt aus der A. renalis versorgt und muss unter Umständen bei der Durchblutungsmessung mitberücksichtigt werden.

Die Erkenntnis dieser hämodynamischen Heterogenität der Niere ist nicht neu. Die Notwendigkeit, nach Methoden zu suchen, die eine differenzierte Messung erlauben, ist offenkundig. Im Laufe der Jahre sind denn

¹ Unterstützt durch den Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, Kredit Nr. 3.201.69 und 3.375.70.

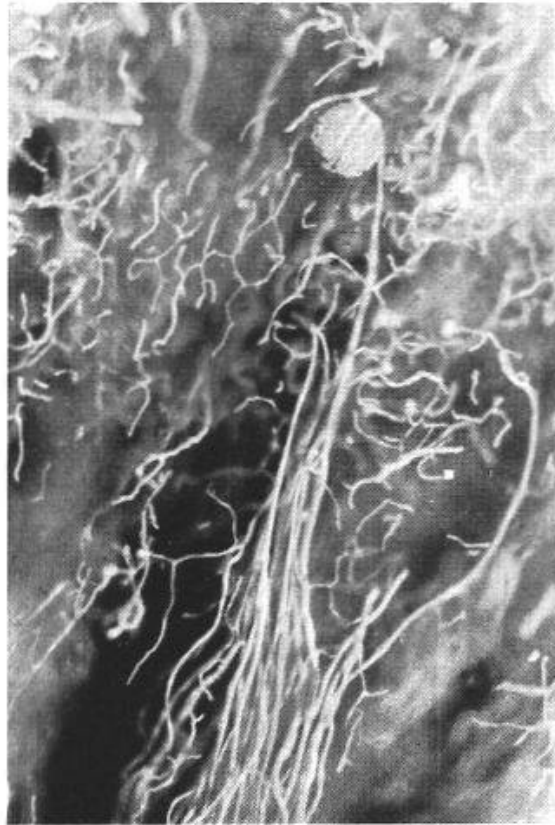


Abb. 1. Juxtamedulläres Glomerulum (Silastic-Ausgusspräparat des renalen Gefäßbaums): Das Vas efferens taucht durch die subkortikale Zone in die Markregion, teilt sich und vereinigt sich mit den efferenten Gefäßen anderer tiefer Glomerula zu den medullären Gefäßbündeln [15].

auch einige Lösungen des Problems vorgeschlagen worden. Unter der Annahme, dass PAH (Paraaminohippursäure) von den kortikalen Strukturen zu 100%, von den medullären dagegen überhaupt nicht extrahiert wird, ergibt sich die theoretische Möglichkeit, einen kortikalen und einen nicht-kortikalen Durchblutungsanteil auf Grund der gesamten PAH-Extraktion zu bestimmen: Diese Extraktionsrate zeigt grob jeweils den fraktionellen Anteil der kortikalen Durchblutung an. Diese Methode wird immer wieder verwendet, obgleich in jedem Einzelfall erst zu beweisen wäre, dass die Annahme einer 100%igen kortikalen Extraktion richtig ist. Abgesehen davon, dass diese Annahme unter pathologischen Umständen nicht als gesichert gelten darf, sind kürzlich Untersuchungen vorgelegt worden, die darauf hinweisen, dass die PAH-Extraktion wohl nur unter Normalbedingungen als Mass für den kortikalen Durchblutungsanteil gelten darf [2]. – Eine zweite Möglichkeit zeichnete sich vor einigen Jahren ab: Indikatorverdünnungskurven nach Indikatorinjektion in die Nierenarterie, aufgezeichnet in der Nierenvene, zeigen neben einem raschen Durchblutungsanteil recht konstant eine «langsame» Fraktion, die möglicherweise Gewebeteilen mit längerer Wegstrecke oder verzögerter Passagegeschwindigkeit entsprechen. Die Annahme, dass es sich dabei um medulläre Anteile handeln könnte, liegt nahe, liess sich aber bis heute nicht beweisen. – Vor einigen

Jahren nun wurde von der Gruppe um BARGER [13] die sogenannte «inert-gas-washout»-Methode in die Nierenphysiologie eingeführt. Diese Methode soll im folgenden eingehender diskutiert werden.

II. Die «Inert-Gas-Washout»-Technik

Injiziert man in die Versorgungsarterie eines Organs einen Bolus eines hochdiffusiblen Indikatorgases, so verteilt sich dieses mit dem kapillaren Blutstrom und führt bei einem *homogen durchbluteten Organ* zu einer gleichmässigen Beladung des Gewebes. Der «washout» des Indikatorgases aus dem beladenen Gewebe ist von diesem Moment an im wesentlichen abhängig von der Durchblutungsrate und dem Verteilungskoeffizienten des Indikatorgases zwischen Gewebe und Blut. Misst man die zur Zeit t im homogen durchbluteten Organ verbleibende Menge Indikatorgas bzw. – bei einem radioaktiven Indikatorgas, wie $^{133}\text{Xenon}$ oder $^{85}\text{Krypton}$ – die gesamte verbleibende Radioaktivität (A_t) im oder unmittelbar über dem Organ, so stellt diese eine einfach-exponentielle Funktion der Zeit dar, nach der Gleichung

$$A_t = A_0 \cdot e^{-kt}$$

(wobei A_0 die zu Beginn des «washout» im Organ vorhandene Menge Radioaktivität bedeutet). Die Neigung der Funktion, k , wird im wesentlichen bestimmt durch die Durchblutungsrate F und den Verteilungskoeffizienten λ des auszuwaschenden Gewebes:

$$K = F \cdot \lambda/V = \ln 2/T_{1/2}$$

In einem einheitlichen, homogen durchbluteten Organ kann dementsprechend die Durchblutung pro Gewebevolumen (z. B. in ml/min, g Gewebe) recht einfach aus der Auswaschkurve nach intraarterieller Injektion des radioaktiven Indikatorgases berechnet werden.

Im Falle der Niere liegen die Verhältnisse allerdings wesentlich komplizierter: Da wir bereits auf Grund der Gefässarchitektur wenigstens drei Zonen mit unterschiedlicher Durchblutungsrate vermuten dürfen, wird die Auswaschkurve über dem Gesamtorgan nicht *einer* einfach-exponentiellen Funktion der Zeit entsprechen, sondern als Resultante einer Anzahl mehr oder weniger gleichzeitig ablaufender einfach-exponentieller Funktionen der Zeit erscheinen. Die graphische Analyse einer über 45 min aufgezeichneten Auswaschkurve ergibt nun mit grosser Regelmässigkeit vier Komponenten (CP I–IV), die sich dank stark verschiedener Neigung voneinander abgrenzen lassen. Aus der Verteilung der Interzepts dieser vier Komponenten lässt sich die intrarenale Durchblutungsverteilung berechnen, während die Neigung der einzelnen Komponenten die Berechnung der den verschiedenen Komponenten entsprechenden Stromstärken erlaubt.

Von entscheidender Bedeutung ist dabei allerdings die Identifikation dieser Komponenten mit bestimmten Zonen der Niere. Diese Zuordnung

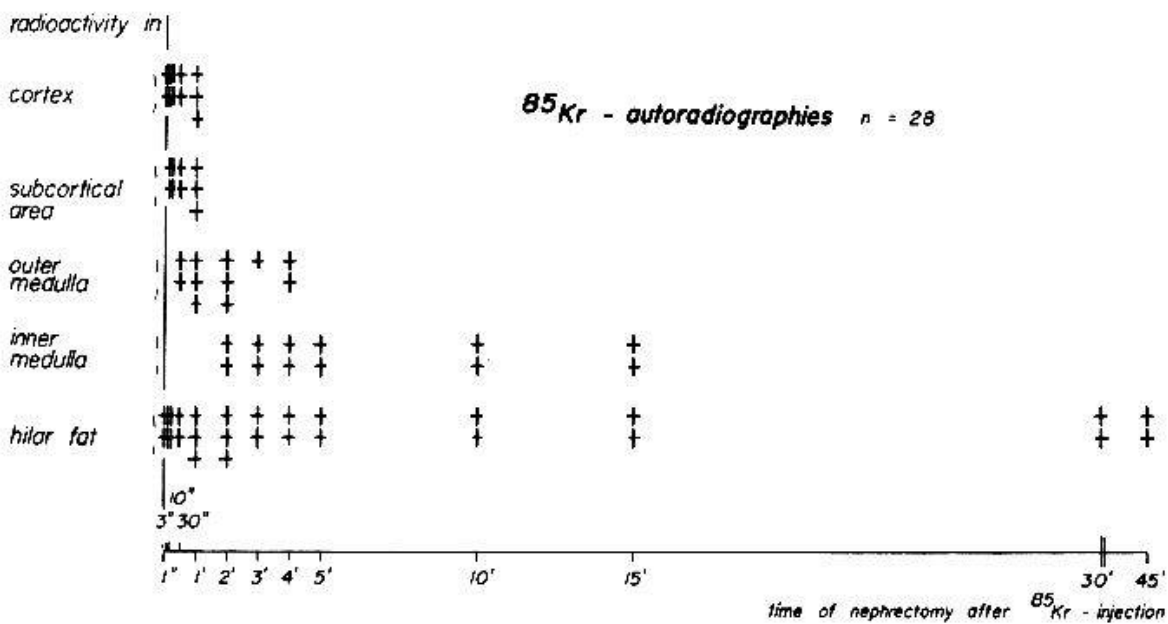
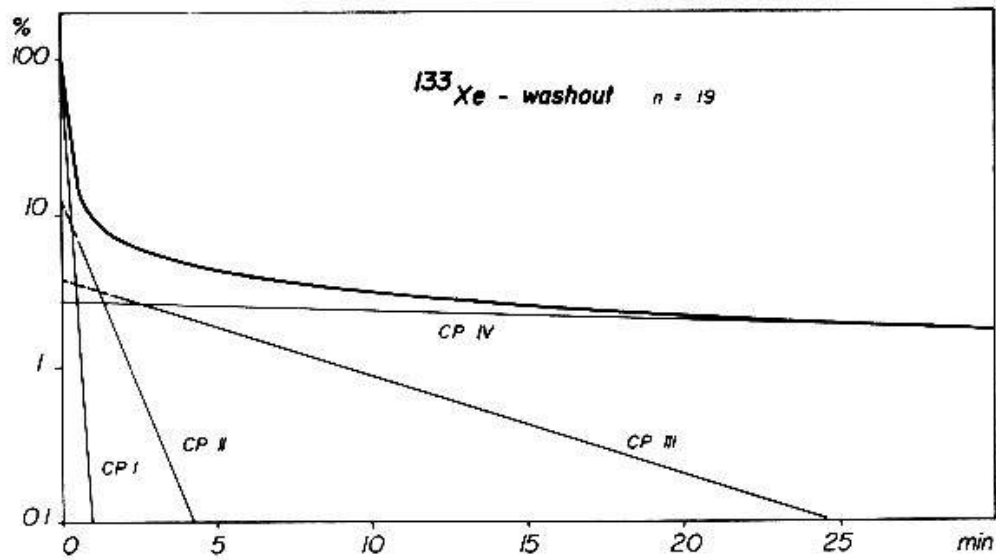


Abb. 2. ^{133}Xe -washout-Kurve und autoradiographische Verteilung von $^{85}\text{Krypton}$ in der Niere. Während die obere Hälfte der Abbildung die originale Auswaschkurve und ihre Komponenten wiedergibt (Mittelwerte von 19 Versuchstieren), illustriert die untere Hälfte das Auftreten und Verschwinden von $^{85}\text{Krypton}$ in den verschiedenen Zonen der Niere nach intraarterieller Bolus-Injektion des Indikatorgases (Autoradiographien von 28 Rattennieren, + = Indikator nachweisbar). - Aus GRANDCHAMP u. Mitarb. [3].

wurde durch die autoradiographische Darstellung der Indikatorverteilung möglich: Der Auswaschprozess kann in jedem beliebigen Zeitpunkt unterbrochen und die verbleibende Indikatorverteilung autoradiographisch festgehalten werden. Aus einem Vergleich von 28 Autoradiographien mit den dazugehörigen Auswaschkurven und deren Komponenten (Abb. 2) ergab sich für die Ratte folgende Zuordnung: Komponente I (CP I) der Auswaschkurve entspricht bei der normalen Ratte der Nierenrinde + der sub-

Tabelle 1

Intrarenale Durchblutungsverteilung und lokale Stromstärken der Niere bei der Ratte, beim Hund und beim Menschen

Anteil an der gesamten Nierendurchblutung (%)				Lokale Stromstärken (ml/min/g)		Spezies	Methode	Ref.
Rinde	äusseres Mark	inneres Mark	perirenales Fettgewebe	Rinde	äusseres Mark			
81,7	11,6	3,8	2,7	5,21	0,79	Ratte	¹³³ Xe	[3]
80,0	16,0	2,0	2,0	4,72	1,32	Hund*	⁸⁵ Kr	[13]
83,6	11,1	2,6	2,6	3,95	0,91	Hund	¹³³ Xe	[14]
69,9	20,9	4,1	4,0	3,73	0,67	Mensch*	¹³³ Xe	[11]
92,0	6,5	1,5	–	5,38	0,50	Mensch*	¹³³ Xe	[6]

* Unanästhesiert.

kortikalen Zone, CP II der äusseren Markzone, CP III der inneren Markzone und CP IV dem hilären und perirenenalen Fettgewebe [3]. Ähnlich liegen die Verhältnisse beim Hund [13]. Während die auf Grund dieses Prozedere errechnete intrarenale Durchblutungsverteilung kaum ernster Kritik begegnet, ergeben sich aus der Gegenstromanlage der Vasa recta Einwände namentlich gegen die auf Grund des Auswascheffektes errechneten lokalen Stromstärken der inneren Markzone: Zweifellos liegen die errechneten Werte dank der Wirkung des «counter-current-exchanger» gegenüber den tatsächlichen medullären Durchblutungsraten zu tief. Die entsprechenden Angaben sind cum grano salis zu verwerten.

Die mit der obigen Methode an Hund, Ratte und Mensch bestimmten intrarenalen Durchblutungsgrössen sind in Tabelle 1 zusammengestellt: Rund 80% der Nierendurchblutung entfallen normalerweise auf die Nierenrinde + subkortikale Zone, 10–15% auf die äussere Markzone und die verbleibenden 5–10% auf die innere Markzone und das perirenale Fettgewebe. Es liegt auf der Hand, dass die Anwendung der «inert-gas-washout»-Technik am Menschen vor allem darunter leidet, dass die Bedeutung der einzelnen Komponenten der Auswaschkurve lediglich in Analogie zu den Verhältnissen beim Hund [6, 13], der Ratte [3] oder beim Kaninchen [7] festgelegt werden kann. Dennoch haben Untersuchungen am Menschen bereits eine Reihe interessanter Hinweise gegeben, die sich seither am Versuchstier bestätigen liessen. Eines dieser Beispiele sei im folgenden dargestellt:

III. Anwendung: Intrarenale Hämodynamik des akuten Nierenversagens

Auf Grund von ¹³³Xenon-Auswaschstudien an Patienten mit akutem Nierenversagen verschiedener Genese haben HOLLENBERG u. Mitarb. [4] auf eine überwiegend kortikale Ischämie der Nieren geschlossen – eine Folge-

rung, für die der Beweis am Menschen aus technischen Gründen kaum anzutreten ist. Wir haben in der Zwischenzeit die Verhältnisse am Modell des akuten, myohämoglobinurischen Nierenversagens der Ratte durch $^{133}\text{Xenon}$ -washout, Autoradiographie und Silastic-Ausgusspräparate der Niere überprüft und sind dabei zu folgenden Resultaten gelangt [1]:

Unter Kontrollbedingungen entfallen bei dehydrierten Ratten 78,8% der renalen Durchblutung auf CP I (rasche kortikale Komponente, sogenannter «Cortex A»), während die äussere Markzone durchschnittlich 15,7% der Nierendurchblutung erhält. Schon 10 min nach intramuskulärer Glyzerinjektion fällt der Anteil der Komponente I leicht ab, während die auf CP II entfallende Fraktion entsprechend zunimmt. 2 Std. nach Auslösung des akuten Nierenversagens sind die Veränderungen der intrarenalen Hämodynamik signifikant, und 24 Std. nach Glyzerinjektion erreichen sie ihren Höhepunkt: Lediglich noch 24,4% der Nierendurchblutung entfallen auf CP I (Cortex A); die zu CP II gehörige Fraktion ist mittlerweile auf 43,9% angestiegen. Da die gesamte Nierendurchblutung indessen gegenüber der Norm sehr stark vermindert ist (0,92 ml/min,g gegenüber 3,43 ml/min,g) errechnet sich selbst für CP II eine deutliche Verminderung der Durchblutung. Zumal die lokalen Stromstärken sich nicht wesentlich verändern, bedeuten die obigen Resultate eine entscheidende Verminderung des der Komponente I entsprechenden Rindengewebes und damit eine *ausgeprägte, überwiegend kortikale Hypoperfusion der Niere*. 24 Std. nach Auslösung des akuten Nierenversagens sind alle Versuchstiere unter anhaltender Oligo-Anurie schwerst azotämisch und hyperkaliämisch geworden. Innerhalb einer Woche stirbt ein Grossteil der Tiere unter den Zeichen der Urämie, während sich einige wenige unter Entwicklung einer polyurischen Phase erholen und dabei wieder eine weitgehend normale intrarenale Hämodynamik aufweisen. Die anhaltend urämischen Tiere zeigen selbst nach einer Woche auf Grund der «inert-gas-washout»-Untersuchungen alle Zeichen einer ausgeprägten, vorwiegend kortikalen Ischämie – vergleichbar den Befunden, die HOLLENBERG u. Mitarb. unter den Bedingungen des akuten Nierenversagens beim Menschen gefunden hatten [4]. Tatsächlich liess sich diese kortikale Ischämie nun bei der Ratte mühelos sowohl durch Autoradiographie wie durch Silastic-Ausgusspräparate nachweisen. Kurz nach Auslösung des akuten myohämoglobinurischen Nierenversagens stellen sich die ersten subkapsulären Zonen kortikaler Minderdurchblutung ein, weiten sich aus, führen innerhalb der ersten 24 Std. zu einer Drosselung praktisch des gesamten Rindengewebes (mit Ausnahme der tiefsten, juxtamedullären Rindenschichten) und bilden sich bei den sich erholenden Tieren im Laufe von Tagen, eventuell Wochen, praktisch völlig zurück.

Das Beispiel des akuten Nierenversagens beleuchtet eindrücklich die Leistungsfähigkeit der «inert-gas-washout»-Technik, deren Aussagen durch morphologische Methoden voll bestätigt werden konnten. Nicht minder wesentlich ist für den Nephrologen die aus diesen Untersuchungen resultierende Erkenntnis, dass die nachgewiesene kortikale Durchblutungs-

drosselung durchaus genügt, um die Oligo-Anurie des akuten Nierenversagens der Ratte zu erklären. Ähnliche Folgerungen ergeben sich aus den Beobachtungen HOLLENBERGS für die Situation beim Menschen [4]. Die Befunde scheinen demnach die Untersuchungen der Gruppe um OKEN [8, 12] zu bestätigen, wonach zumindest beim akuten Nierenversagen der Ratte die Oligo-Anurie in erster Linie Folge eines primären Unterbruchs der glomerulären Filtration *und nicht* einer tubulären Obstruktion oder einer vollständigen Rückresorption eines mehr oder weniger normal filtrierten Primärharns ist.

Zusammenfassung

Aus dem komplexen Aufbau der Niere, der Architektur des renalen Gefäßbaums und der intrarenalen Verteilung der Partialfunktionen ergibt sich das Bedürfnis nach einer differenzierten Analyse der intrarenalen Hämodynamik, der Durchblutungsverteilung und der lokalen Stromstärken. Die Bestimmung der PAH-Extraktion erlaubt bestenfalls angenäherte Aussagen über die intrarenale Durchblutungsverteilung (kortikale und nicht-kortikale Flowfraktionen), während die Indikatorverdünnungsmethode den Nachteil aufweist, dass rasche und langsame Durchströmungsanteile zwar gemessen, aber nicht anatomisch lokalisiert werden können. Die «inert-gas-washout»-Technik, die eher als wissenschaftliche denn als klinisch verwendbare Methode anzusprechen ist, erlaubt die Analyse der intrarenalen Durchblutungsverteilung auf Nierenrinde, äussere und innere Markzone und perirenales Fettgewebe sowie die Bestimmung der verschiedenen lokalen Stromstärken. Am Beispiel des myohämoglobinurischen akuten Nierenversagens der Ratte wird die Leistungsfähigkeit der ¹³³Xenon-washout-Technik illustriert. Die auf Grund dieser Methode festgestellte vorwiegend kortikale Hypoperfusion der Niere wird durch autoradiographische Untersuchungen und Silastic-Ausgusspräparate des renalen Gefäßbaums bestätigt.

Résumé

En partant de l'organisation complexe du rein, de l'architecture de l'arbre vasculaire rénal et de la répartition des différentes fonctions partielles dans le rein, le besoin se fait sentir de pouvoir réaliser une analyse différentielle de l'hémodynamique intrarénale, de la répartition circulatoire et de l'importance des courants sanguins locaux. La détermination de l'élimination du PAH peut tout au plus donner des renseignements approximatifs sur la circulation intrarénale (les fractions du flux cortical et non-cortical), alors que la méthode de dilution d'un indicateur présente le désavantage de ne pas pouvoir localiser les parties à circulation lente ou rapide que l'on peut mesurer. La méthode par «inert-gas-washout», qui est plutôt une technique expérimentale que clinique, permet l'analyse différentielle de la circulation répartie entre le cortex rénal, la région médullaire interne et externe, et le tissu graisseux périrénal, et aussi la détermination des différentes forces

de courant. C'est par l'exemple fourni par le blocage aigu de rein dans la myohémoglobinurie du rat que les possibilités de la technique $^{133}\text{Xenon}$ -washout sont démontrées. L'hypoperfusion, surtout corticale, du rein, mise en évidence par cette méthode, a pu être confirmée par des contrôles autoradiographiques et par des moulages au Silastic de l'arbre vasculaire rénal.

Riassunto

La natura complessa dei reni, l'architettura dell'albero vascolare e la ripartizione intrarenale delle funzioni parziali fanno nascere il bisogno di un'analisi differenziata dell'emodinamica intrarenale, della ripartizione dell'irrorazione sanguigna e della forza delle correnti locali. La determinazione dell'estrazione del PAH ci può dare al massimo un risultato approssimativo sulla ripartizione della irrorazione sanguigna intrarenale (frazioni del flow corticale e non corticale), mentre il metodo a diluizione dell'indicatore presenta lo svantaggio di poter misurare le regioni con irrorazione rapida e lenta, ma di non poter localizzarle anatomicamente. La tecnica chiamata «inert-gas-washout», da considerarsi piuttosto come metodo scientifico che come metodo da usare in clinica, permette di analizzare la ripartizione intrarenale dell'irrorazione sanguigna nella regione della corteccia renale, zona midollare esterna ed interna e tessuto adiposo perirenale, come pure la determinazione delle differenti forze delle correnti locali. L'efficienza funzionale della tecnica « $^{133}\text{Xenon}$ -washout» viene illustrata con l'esempio dell'insufficienza renale acuta del ratto, dovuta a mioemoglobinuria. L'ipoperfusione essenzialmente corticale del rene, constatata grazie a questo metodo, è confermata da ricerche autoradiografiche e dagli stampi al Silastic dell'albero vascolare renale.

Summary

From the complex structure of the kidney, the architecture of the renal vascular network and the intrarenal distribution of the partial functions arises the necessity of a differentiated analysis of the intrarenal haemodynamics, the circulatory distribution and the local flow rates. The determination of PAH extraction ratios gives, in the best case, approximate knowledge of the intrarenal circulatory distribution (cortical and non-cortical flow fractions), while the dye dilution methods have the disadvantage that rapid and slow portions of the circulation can be measured but cannot be anatomically localized. The inert gas washout technique, which is more suitable for scientific than for clinical purposes, gives an analysis of the intrarenal circulatory distribution in the renal cortex, the outer and inner medullary zone and the perirenal fat besides the determination of local blood flow rates. With the example of the myohaemoglobinuric acute renal failure in the rat, the capacities of the $^{133}\text{Xenon}$ washout technique can be illustrated. The preferential cortical hypofusion found on the basis of this

method can be confirmed by the autoradiographic preparations and Silastic casting of the renal vasculatory tree.

1. AYER G., GRANDCHAMP A., WYLER T. und TRUNIGER B.: Intrarenal hemodynamics in glycerol induced myohemoglobinuric acute renal failure in the rat. *Circulat. Res.* 29, 128-137 (1971).
2. CARRIERE S. und FRIBORG J.: Intrarenal blood flow and PAH extraction during angiotensin infusion. *Amer. J. Physiol.* 217, 1708-1715 (1969).
3. GRANDCHAMP A., AYER G., SCHERRER J. R. und TRUNIGER B.: Intrarenal hemodynamics in the rat kidney determined by the xenon washout technique. *Nephron* 8, 33-45 (1971).
4. HOLLENBERG N. K., EPSTEIN M., ROSEN S. M., BASCH R. I., OKEN D. E. und MERRILL J. E. P.: Acute oliguric renal failure in man: Evidence for preferential renal cortical ischemia. *Medicine (Baltimore)* 47, 455-474 (1968).
5. KRIZ W.: Der architektonische und funktionelle Aufbau der Rattenniere. *Z. Zellforsch.* 82, 495-535 (1967).
6. LADEFOGED J.: Measurements of renal blood flow in man with the 133-Xenon washout technique. *Scand. J. clin. Lab. Invest.* 18, 299-315 (1966).
7. LADEFOGED J.: Renal circulation in hypertension. The Xenon-133 desaturation method. Munksgaard, Copenhagen 1968.
8. OKEN D. E.: Experimental studies of acute renal failure, in: *Progress in Nephrology*, S. 193-201. Springer, Berlin/Heidelberg/New York 1969.
9. REUBI F. C., GOSSWEILER N., GÜTLER R. und HUBER A.: Methods of measuring renal circulation in man. *Proc. II Int. Congr. Nephrol.*, S. 78-83. Excerpta Medica Foundation, Amsterdam 1964.
10. ROLLHÄUSER H., KRIZ W. und HEINKE W.: Das Gefäßsystem der Rattenniere. *Z. Zellforsch.* 64, 381-403 (1964).
11. ROSEN S. M., HOLLENBERG N. K., DEALY J. B. und MERRILL J. P.: Measurement of the distribution of blood flow in the human kidney using the intraarterial injection of 133-Xenon. Relationship to the function in normal and transplanted kidney. *Clin. Sci.* 34, 287-302 (1968).
12. THIEL G., WILSON D. R., ARCE M. L. und OKEN D. E.: Glycerol induced acute hemoglobinuric renal failure in the rat. II. The experimental model, predisposing factors and pathophysiologic features. *Nephron* 4, 276-297 (1967).
13. THORBURN G. D., KOPALD H. H., HERD J. A., HOLLENBERG M., O'MORCHOE CH. C. C. und BARGER A. C.: Intrarenal distribution of nutrient blood flow determined with krypton-85 in the unanesthetized dog. *Circulat. Res.* 13, 290-307 (1963).
14. TRUNIGER B., ROSEN S. M. und OKEN D. E.: Renale Hämodynamik und hämorrhagische Hypotension. *Klin. Wschr.* 44, 857-862 (1966).
15. WYLER T. und GRANDCHAMP A.: Unveröffentlichte Beobachtungen.

Adresse des Autors: PD. Dr. B. Truniger, Medizinische Klinik, Kantonsspital, CH-6000 Luzern.