

Aus dem Institut für Diagnostische Radiologie und Neuroradiologie

(Direktor Univ.- Prof. Dr. med. Hosten)
der Universitätsmedizin der Universität Greifswald

**Klassifikation perirenalier Septenbildung und ihre Korrelation mit potentiellen
Einflussfaktoren**

Inaugural – Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Medizin

(Dr. med.)

der

Universitätsmedizin

der

Universität Greifswald

2022

vorgelegt von: Sophie Charlotte Holdmann,
geb. Vogel

geb. am: 2. Juni 1994

in: Anklam

Dekan: Prof. Dr. med. Karlhans Endlich

1. Gutachter: Prof. Dr. Sylvia Stracke

2. Gutachter: PD Dr. Birger Mensel

Ort, Raum: Universitätsmedizin Greifswald, L-02.22

Tag der Disputation: 01.06.2023

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	4
1.1	<i>Allgemeines.....</i>	4
1.2	<i>Nierenfaszien.....</i>	5
1.3	<i>Nierensepten.....</i>	9
1.4	<i>Einflussfaktoren auf Ausprägung und Rolle der perirenaln Septen</i>	11
1.5	<i>Fragestellung.....</i>	12
2	Material und Methoden.....	13
2.1	<i>Studienpopulation.....</i>	13
2.2	<i>MRT- Protokoll und Bildauswertung.....</i>	14
2.3	<i>Risikofaktoren.....</i>	18
2.4	<i>Statistische Auswertung.....</i>	19
3	Ergebnisse.....	20
4	Diskussion.....	27
5	Zusammenfassung.....	33
6	Literaturverzeichnis.....	34
7	Definition der Observer.....	37
8	Abkürzungsverzeichnis.....	37
9	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	38
10	Eidesstattliche Erklärung.....	39
11	Danksagung.....	40
12	Thematische Publikation.....	41

1 Einleitung

1.1 Allgemeines

Die Nieren sind ein paarig angelegtes Organ im Retroperitonealraum auf Höhe des zwölften Brust- bis dritten Lendenwirbelkörpers. Ihre bohnenförmige Gestalt erstreckt sich im Mittel über 10cm in der Länge, 6cm in der Breite und 4cm in der Dicke. Ihr Gewicht beträgt ungefähr 160g.¹

Der Retroperitonealraum wird durch das posteriore parietale Peritoneum nach ventral und die Fascia transversalis nach dorsal begrenzt. Kranial hiervon befindet sich das Zwerchfell, kaudal das Becken.²

Anatomisch teilt man jede Niere in eine Facies anterior und posterior, einen oberen und unteren Nierenpol, sowie einen Margo medialis und lateralis ein. Das Hilum renale befindet sich am Margo medialis, in Höhe des ersten bis zweiten Lendenwirbelkörpers, und bildet den Eintritt bzw. Austritt der versorgenden Nerven, Gefäße und des Ureters.¹

Die embryologische Entwicklung dieser endgültigen und funktionstüchtigen Nieren erfolgt aus zwei Systemen, dem metanephrogenen Blastem, aus welchem die Nephrone entstehen, und der Ureterknopse, welche den Harn ableitenden Anteil hervorbringt. Die ca. 2,5 Millionen Nephrone der beiden Nieren setzen sich aus einem Nierenkörperchen und dem zugehörigen Tubulussystem zusammen, welches den Harn über das Sammelrohr bis zu den Calices renales leitet.¹

Die Funktionen der Nieren sind vielfältig und reichen von der Regulation des Wasser-, Säure-Basen- und Elektrolythaushalts und der Elimination harnpflichtiger Substanzen bis zur Produktion von Renin, Erythropoetin und Calcitriol. Die Nieren beeinflussen dadurch auch den Blutdruck, die Bildung von Sauerstoffträgern und den Mineralhaushalt.¹

1.2 Nierenfaszien

Jede Niere unmittelbar umhüllend, befindet sich die wenig dehnungsfähige, feste Capsula fibrosa renis. Gemeinsam mit der, dem oberen Nierenpol direkt aufliegenden, Nebenniere umgibt die Niere außerdem lockeres Baufett. Dieses dorsal stärker ausgeprägte Fett schwindet nur bei starker Abmagerung und wird als Capsula adiposa bezeichnet.¹

Die beschriebenen Strukturen werden von der Fascia renalis, einem bindegewebigen Sack, umschlossen. Diese setzt sich aus der anterioren Fascia renalis und dem hinteren Blatt, der posterioren Fascia renalis, zusammen. Die gesamte Fascia renalis wird auch als Gerota-Faszie bezeichnet, der von ihr eingeschlossene Raum als Perirenalraum. Nach ihrem Erstbeschreiber wird die posteriore Fascia renalis gelegentlich auch als Zuckerkandl-Faszie benannt (**Abbildung 1**).^{2,3}

Kranial finden diese beiden Blätter Anschluss an die Faszien des Zwerchfells⁴. Die posteriore Fascia renalis besteht aus zwei Blättern, das oberflächlicher gelegene Blatt setzt sich in die lateroconale Faszie fort⁵. Von der sogenannten Trifurkation aus verläuft dieses Blatt dorsal des Colon ascendens bzw. descendens bis auf die Umschlagsfalte des Peritoneums im Parakolischen Spalt zu^{2,4}. Das tiefere Blatt geht in die anteriore Fascia renalis über⁵.

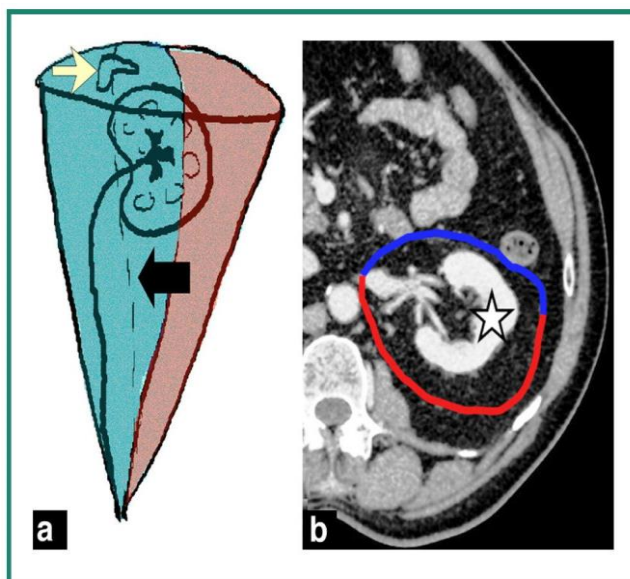


Abbildung 1

Schematische Darstellung des Perirenalraums nach Coffin et al.⁵

a) Darstellung des kegelförmigen Perirenalraums. Die ineinander übergehenden Begrenzungen werden gebildet durch die anteriore Fascia renalis (blau) nach ventral und die posteriore Fascia renalis (rot) nach dorsal. Im Perirenalraum befindlich sind die Niere, die Nebenniere (weißer Pfeil) und der Ureter (schwarzer Pfeil).

b) Axiale kontrastverstärkte CT-

Aufnahme des Perirenalraums auf Höhe des Nierenhilums. Niere (Stern), anteriore Fascia renalis (blau), posteriore Fascia renalis (rot)

Durch die beschriebenen Faszien unterteilt sich der Retroperitonealraum in mehrere Kompartimente: einen Perirenalraum und einen anterioren und posterioren Pararenalraum. Flüssigkeiten können sich in einem oder mehreren von diesen Kompartimenten ansammeln.^{2,6,7}

Die Perirenalräume sind trichterförmige Kompartimente, welche die Nieren, die Nebennieren, perirenales Fett, vernetzende Septen und ein komplexes Netzwerk aus Gefäßen und Lymphbahnen enthalten⁸.

Der posteriore Pararenalraum wird nach ventral und lateral durch die posteriore Fascia renalis und die lateroconale Faszie begrenzt. Die posteriore Grenze bildet die Fascia transversalis. Nach kranial grenzt der fettgefüllte posteriore Pararenalraum an das Zwerchfell. Medial tangiert er die Faszie des Musculus psoas. Über den präperitonealen Raum zwischen Fascia transversalis und Peritoneum parietale auf der Vorderseite des Abdomens stehen die beiden posterioren Pararenalräume miteinander in Verbindung. Der anteriore Pararenalraum wird nach dorsal und lateral durch die anteriore Fascia renalis und die lateroconale Faszie begrenzt. Die ventrale und kraniale Begrenzung bilden das Peritoneum parietale sowie der freie Rand der Leber. Der anteriore Pararenalraum besteht aus vielen Blättern, welche durch die sekundäre Retroperitonealisierung von Pankreas und Duodenum aus dem embryonalen Mesenterium entstanden sind. Er enthält daher mehrere Spalträume, welche das Pankreas, das Duodenum, das Colon ascendens und das Colon descendens enthalten. Da der anteriore Pararenalraum nur wenig Fett enthält, ist er bildgebend schlechter abgrenzbar.^{2-5,9} **(Abbildung 2)**

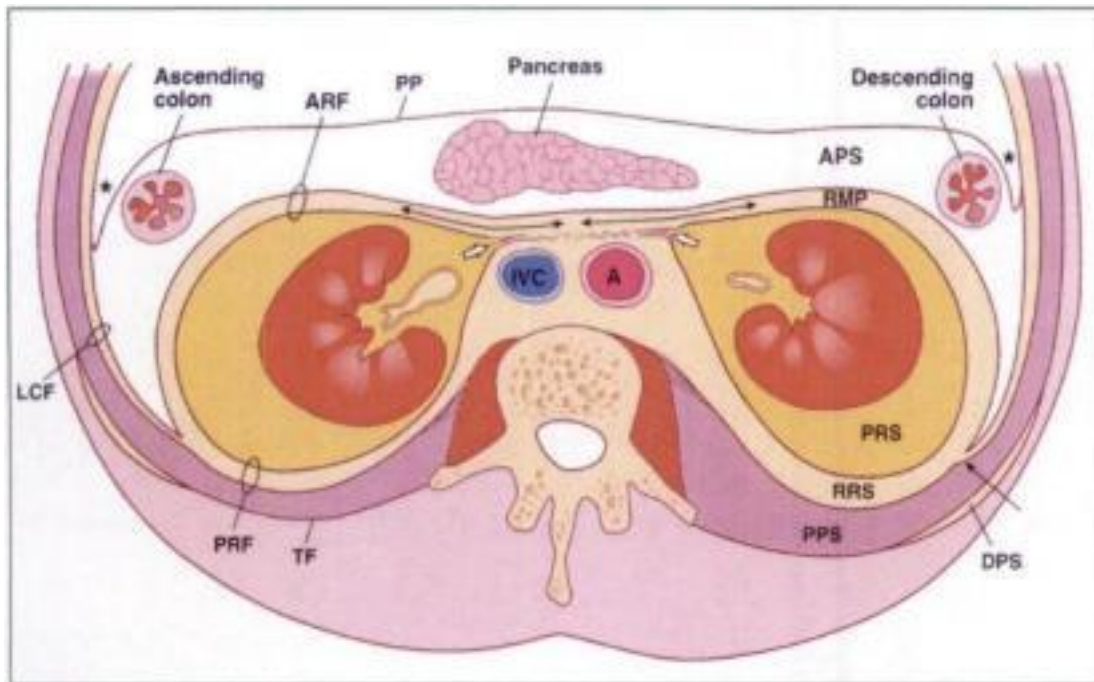


Abbildung 2 Retroperitoneale Räume und interfasziale Spalträume nach Aizenstein et al. ⁶

Schematische Darstellung auf Höhe des Nierenhilums zur Veranschaulichung der in der Fascia renalis und lateroconalen Fascie bestehenden Möglichkeit einer Spaltausbildung.

APS = anteriorer Pararenalraum, ARF = anteriore Fascia renalis, LCF = lateroconale Fascie, PPS= posteriorer Pararenalraum, PRF= posteriore Fascia renalis, PRS = Perirenalraum, RMP = retromesenteric plane, RRS = retrorenaler Raum, TF= Fascia transversalis, PP= Peritoneum parietale, A= Aorta, IVC = Vena cava inferior, DPS = dorsaler Recessus pleuralis, weißer Pfeil = Verschluss der Perirenalräume medial, schwarzer Doppelpfeil = durchgehendes retromesenteric plane, schwarzer Einfachpfeil = Trifurkation und Kommunikation der Spalträume

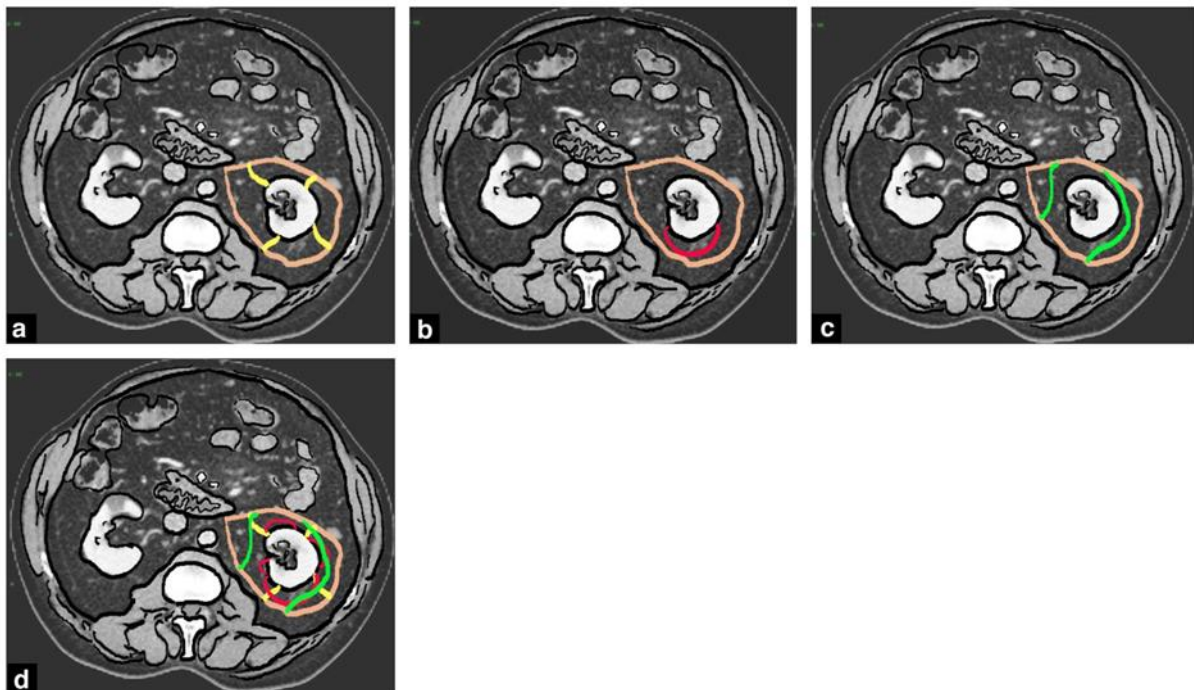
Laut Korobkin et al. laufen der anteriore und posteriore Pararenalraum unterhalb des Perirenalraums zu einem gemeinsamen Kompartiment zusammen, welcher als infrarenaler retroperitonealer Raum bezeichnet werden kann und in direkter Verbindung mit den Kompartimenten des kleinen Beckens steht.²

Molmenti et al. und Aizenstein et al. erklärten mittels CT-Bildgebung und Obduktionen, dass die den Retroperitonealraum unterteilenden Faszien aus mehreren Lamellen bestehen, und damit die Möglichkeit bieten, Spalträume zwischen sich auszubilden. In diesen können sich laut Aizenstein et al. Gase und Flüssigkeiten verteilen. Auch für entzündliche und tumoröse Prozesse wäre dies möglich. Den potentiell dehnbaren Spaltraum innerhalb der anterioren Fascia renalis, zwischen anteriorem Pararenalraum und Perirenalraum gelegen, nannten Molmenti et al. „retromesenteric plane“. Die Räume innerhalb der posterioren Fascia renalis und der lateroconalen Faszie werden als „retrorenal space“ und „lateroconal space“ bezeichnet. An der Trifurkation kommunizieren alle diese Räume miteinander. In einen dieser Spalträume hineinbrechende Prozesse könnten sich somit innerhalb aller Spalträume und bis ins kleine Becken ausbreiten.^{6,10} **(Abbildung 2)**

1.3 Nierensepten

Kunin beschrieb 1986 mehrschichtige fibröse Septen, welche den Perirenalraum durchziehen. Sie verbinden danach die Capsula fibrosa mit der anterioren und posterioren Fascia renalis, sowie die beiden Blätter untereinander. Andere entspringen der Capsula fibrosa und umspannen sie (**Abbildung 3**). Besonders gut sichtbar wurden sie in CT-Aufnahmen, wenn sie durch Flüssigkeitseinlagerung verdickt erschienen.¹¹ Gleiches bestätigten Aizenstein et al. 1997⁶.

Abbildung 3 Septen des Perirenalraums aus "Radioanatomy of the retroperitoneal space" von Coffin et al.⁵



Axiale CT- Darstellung der linken Niere; anteriore und posteriore Fascia renalis sind in beige dargestellt.

a) Typ I Septen (gelb), welche die Fascia renalis mit der Nierenkapsel verbinden.

b) Typ II Septen (rot), welche die Nierenkapsel mit der Nierenkapsel bogenförmig verbinden. Ein Beispiel ist das posteriore renorenale Septum.

c) Typ III Septen (grün) verbinden anteriore Fascia renalis mit posteriorer Fascia renalis.

d) Netzwerk aller die Nieren umspannenden Septen.

Neben den perirenal Septen befindet sich ein ausgeprägtes Lymphsystem im Perirenalraum. Da beide variabel flüssigkeitsgefüllt sein können, ist eine bildmorphologische Unterscheidung nicht möglich.^{2,6} Die Ausprägung dieser bildmorphologischen Dichte- bzw. Signalanhebung im Perirenalraum variiert zwischen den Individuen. Als zur Darstellung kommende Flüssigkeiten kommen Eiter, Urin, Blut, Lymphe, Exsudate oder Transsudate in Frage⁷.

Die ursächlichen Prozesse für die unterschiedliche Ausprägung der perirenal Strukturen gelten jedoch als unklar.

1.4 Einflussfaktoren auf Ausprägung und Rolle der perirenal Septen

Als pathologische Einflussfaktoren werden maligne, entzündliche und traumatische Ursachen diskutiert.^{3,12}

Dass es sich bei den Septen selbst um tumoröses oder anderweitig entartetes Gewebe handle, hielten Monzawa et al. 1999 aufgrund ihrer magnet-resonanztomografischen und histopathologischen Studie für unwahrscheinlich. Sie sahen die den Perirenalraum durchziehenden Stränge als Normalvarianten an, die nur bei starker Ausprägung und deutlicher Seitenasymmetrie einen Hinweis auf Pathologien geben können.¹³

Kunin, Korobkin und Xiang et al. vermuteten, dass sich zwischen den multilamellären Septen Flüssigkeiten ansammeln können^{2,11,14} Damit würden sie eine entscheidende Rolle bei der Eingrenzung von entzündlichen Prozessen sowie bei der Tamponade von Blutungen spielen.^{2,11}

Laut Aizenstein et al. könnten verdickte Septen ein frühes Zeichen für perirenale Erkrankungen sein. Die Septen könnten dabei sowohl an der Eindämmung als auch an der Ausbreitung von entzündlichen oder tumorösen Prozessen beteiligt sein.⁶

Erden et al. zeigten einen Zusammenhang zwischen erhöhten Kreatininwerten als Marker für eine schlechte Nierenfunktion und perirenal stärker ausgeprägten Septen. In ihren Untersuchungen an 150 Probanden zeigte sich zudem eine Assoziation von perirenal Septen zu Nierenzysten.¹⁵

Winfield et al. nahmen dagegen an, dass eine verstärkte perirenale Septenausbildung die Folge einer Nierenvenenthrombose mit nachgehender Ausbildung eines dichten Kollateralnetzes sei¹⁶.

Laut Dyer und Monzawa kann auch eine urethrale Obstruktion zu einer stärkeren perirenal Septierung führen^{13,17}.

Als physiologische Einflussfaktoren der perirenal Septen stellten Monzawa et al. das männliche Geschlecht und ein Alter von über 60 Jahren in ihrer MRT-basierten Studie an 142 Patienten heraus. Die mit beiden Faktoren einhergehende Mehrverfettung des Perirenalraums sei Grund für eine ausgeprägtere Ausbildung eines perirenal Netzes. Die Septen hätten vornehmlich die Funktion der Versorgung des perirenal Fettes.¹³

1.5 Fragestellung

Ob perirenale Septen ein Frühzeichen für Nierenerkrankungen sind, ebenso wie ihre generelle Prävalenz, ist nicht abschließend geklärt. Auch über ihre Einflussfaktoren gibt es bisher nur Untersuchungen mit begrenzter Aussagekraft.

Laut Aizenstein et. al sind perirenale Septen aber von potentieller klinischer Bedeutsamkeit, da ihre Verbreiterung ein frühes Zeichen von renalen oder perirenen Erkrankungen darstellen kann, insbesondere da sie selbst als Ausbreitungsweg von malignen oder entzündlichen Geschehen fungieren können.⁶

Da einige Autoren davon ausgehen, dass auch Prozesse wie Alterung und erhöhter Fettaufbau zu einer deutlicheren Darstellung von perirenen Septen führen, ist es wichtig, alle physiologischen Einflussfaktoren zu kennen, um von pathologischen Prozessen differenzieren zu können.

Das Ziel dieser Arbeit ist es daher, die Prävalenz und die Ausprägung von perirenen Septen und deren Assoziation mit physiologischen und pathologischen Einflussfaktoren zu untersuchen.

2 Material und Methoden

2.1 Studienpopulation

Die genutzte Studienpopulation dieser retrospektiven Arbeit stammt aus dem bevölkerungsbasierten Projekt der Study of Health in Pomerania (SHIP).

Hierbei handelt es sich um eine Studie, welche Prävalenz und Inzidenz häufiger Risikofaktoren und Erkrankungen im Nordosten Deutschlands untersucht. Unserer Studie liegt eine Teilstichprobe von den zwischen den Jahren 2008 und 2012 im Rahmen der SHIP-TREND Kohorte untersuchten 4420 Probanden zugrunde. Die Probanden wurden als Zufallsstichprobe aus 8826 teilnahmeberechtigten Erwachsenen im Alter von 20 bis 79 Jahren, die nach Alter, Geschlecht und Wohnort/Landkreis geschichtet waren, in den zentralen Bevölkerungsregistern des Landes Mecklenburg - Vorpommern gezogen.¹⁸

Von den 4420 Probanden wurden 2033 Probanden einer Ganzkörper-MRT unterzogen. Diese Probanden bildeten die Grundlage unserer Untersuchungen. Probanden mit unzureichender Bildqualität (N = 143), sowie fehlenden perirenaln Messwerten (N = 12) und fehlenden Risikofaktorwerten (N = 15) schlossen wir aus. Außerdem bezogen wir Probanden mit identifizierter Schrumpfniere (N = 17), Hufeisenniere (N = 4), soliden Nierentumoren (N = 11), anderen Nierenerkrankungen (N = 7) und Probanden mit $eGFR > 130 \text{ mL/min/1.73}^2$ (N = 71) oder $eGFR < 30 \text{ mL/min/1.73}^2$ (N = 1) nicht mit ein. Die endgültige Stichprobe (N = 1752) umfasste 910 Frauen (51,9 %) und 842 (48,1 %) Männer im Alter von 21 bis 79 Jahren.

Die Studie wurde von der Ethikkommission der Universität Greifswald genehmigt und entspricht der Deklaration von Helsinki. Alle Teilnehmer gaben eine schriftliche Einverständniserklärung zur Studienteilnahme ab.

2.2 MRT- Protokoll und Bildauswertung

Die MRT- Ganzkörperuntersuchungen wurden nach einem standardisierten Protokoll mittels 1,5 Tesla-MRT (Magnetom Avanto; Siemens Healthcare AG, Erlangen, Deutschland) durchgeführt¹⁸. Die Beurteilung der Ausprägung der perirenaln Septen erfolgte visuell anhand einer 4-Punkt Ordinalskala. Die Einteilung erfolgte dabei nach rein morphologischen Kriterien und ist im Folgenden aufgeführt (**Abbildung 4**):

1. Stadium 0: keine perirenaln Septen erkennbar.
2. Stadium 1: einzelne, beginnende perirenale Septen, die sich schwach im MRT-Bild abbilden.
3. Stadium 2: fortgeschrittene perirenale Septenbildung. Die Septen verlaufen langstreckiger und sind im MRT-Bild gut zu erkennen.
4. Stadium 3: maximale perirenale Septenbildung. In diesem Stadium sind die Septen stark ausgebildet und verzweigt. Die Septen nehmen einen Großteil der Capsula adiposa ein und trennen eventuell einzelne perirenale Bereiche ab.

Zur Einteilung wurden zwei fettsupprimierte MRT-Sequenzen herangezogen: die axiale T2-gewichtete BLADE-Sequenz (Schichtdicke: 6mm, Schichtabstand: 1.2mm, Repetitionszeit: 5000ms, Echozeit: 116ms, Flipwinkel: 150°) und die coronare T2-gewichtete TIRM-Sequenz (Schichtdicke: 5mm, Schichtabstand: 1mm, Repetitionszeit: 4891ms, Echozeit: 67ms, Flipwinkel: 180°).

Zusätzlich wurde der Durchmesser des Peri- und Pararenalraums bestimmt. Dazu ist die axiale T1-gewichtete FLASH-Sequenz (Schichtdicke: 6mm, Schichtabstand: 7.2mm, Repetitionszeit: 251ms, Echozeit: 4ms, Flipwinkel: 70°) genutzt worden.

Zur Bildanalyse und Messung wurde das Programm OsiriX (Version 3.6.1.; Pixmeo Sarl; Bernex; Schweiz) verwendet.

Das Klassifizierungssystem wurde von zwei Fachärzten für Radiologie (BM, JPK) mit mehr als 10 Jahren Erfahrung in der Abdomenbildgebung anhand von 50 Prätest-Datensätzen definiert.

Durchgeführt wurde die Bildauswertung von zwei doppelt verblindeten Observern (AS, SV), welche hierfür anhand von 30 Testdatensätzen geschult wurden.

Zur Bildauswertung wurden zunächst die beiden T2-gewichteten Sequenzen parallel betrachtet und die Septenausprägung anhand der 4 definierten Stadien seitengetrent eingeteilt.

In einem weiteren Schritt wurde jeweils seitengetrent der Durchmesser des Perirenal- und posterioren Pararenalraums in Höhe des Hilums, in der axialen T1-gewichteten FLASH-Sequenz, bestimmt.

Für die Messung des Perirenalraums wurde mithilfe des Tools „ROI-Länge“ dorsolateral von der Capsula fibrosa renis bis zur posterioren Fascia renalis, in Verlängerung der großen Nierengefäße, der Abstand bestimmt (**Abbildung 5**).

Die Capsula fibrosa renis wurde in den MRT-Sequenzen mit dem Rand der Niere gleichgesetzt, während sich die Fascia renalis als eine dünne weiße Linie ventromedial der Fascia transversalis abbildet.

Um die Dicke des posterioren Pararenalraums zu erhalten, wurde mithilfe des Tools „ROI-Länge“ dorsolateral von der posterioren Fascia renalis bis zur inneren Kante der Fascia transversalis in Verlängerung der großen Nierengefäße gemessen (**Abbildung 5**).

Alle zu erfassenden Daten wurden in eine Webmaske eingetragen. Zusätzliche Bildbefunde, wie Nierenzysten, wurden miterfasst. Dabei wurden zunächst grundlegende Daten gesichtet, die zum Ausschluss des jeweiligen Probanden führen können, wie das Fehlen oder die Verwendbarkeit der benötigten Sequenzen. Danach wurden alle weiteren Daten jeweils separat für die rechte und linke Niere erfasst.

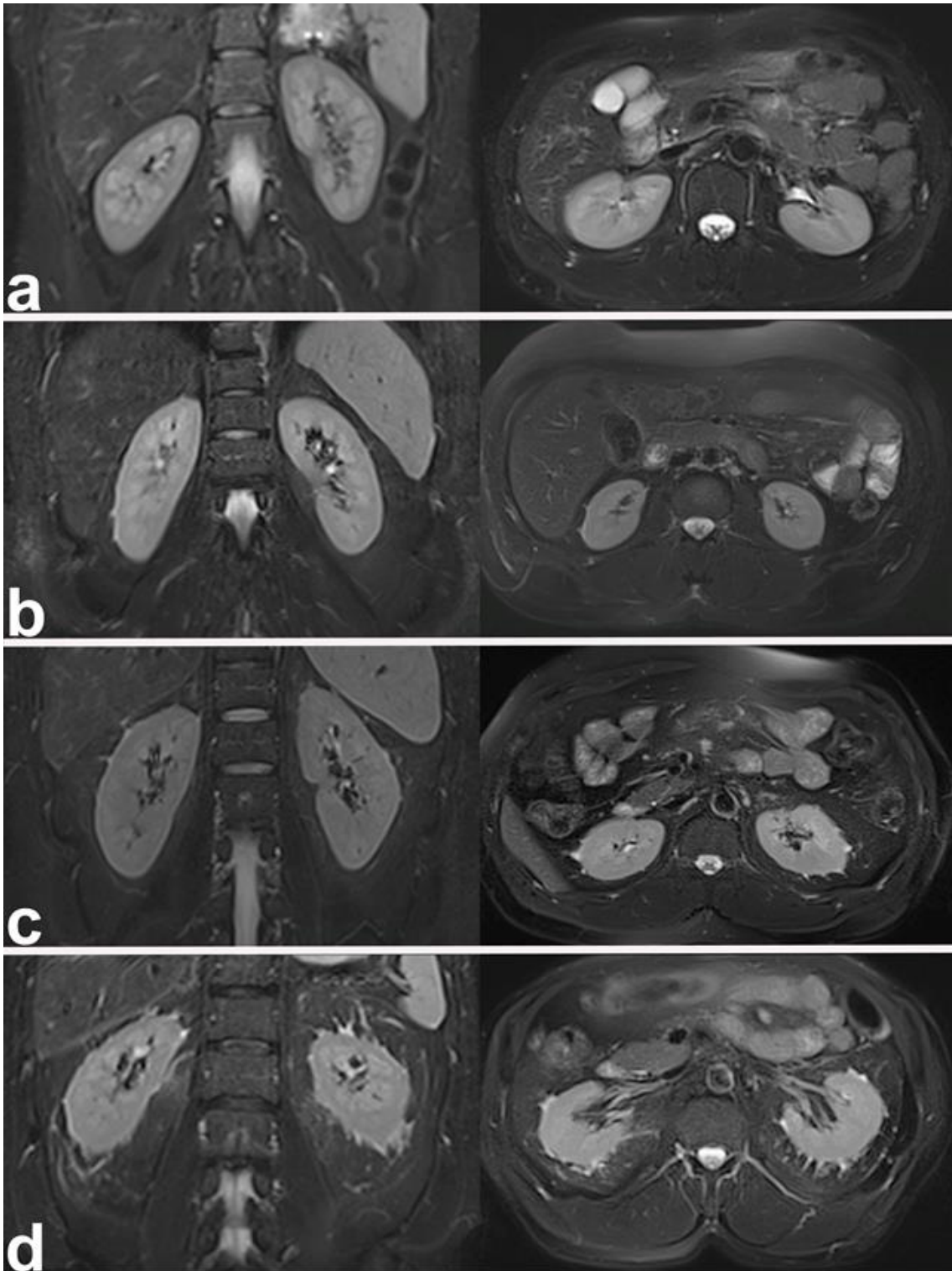


Abbildung 4 Beispielbilder für die Einteilung perirenaler Septenbildung¹⁹

- a) Stadium 0: keine perirenen Septen
- b) Stadium 1: einzelne, beginnende perirenale Septen
- c) Stadium 2: fortgeschrittene, langstreckige perirenale Septen
- d) Stadium 3: stark ausgebildete und verzweigte perirenale Septen

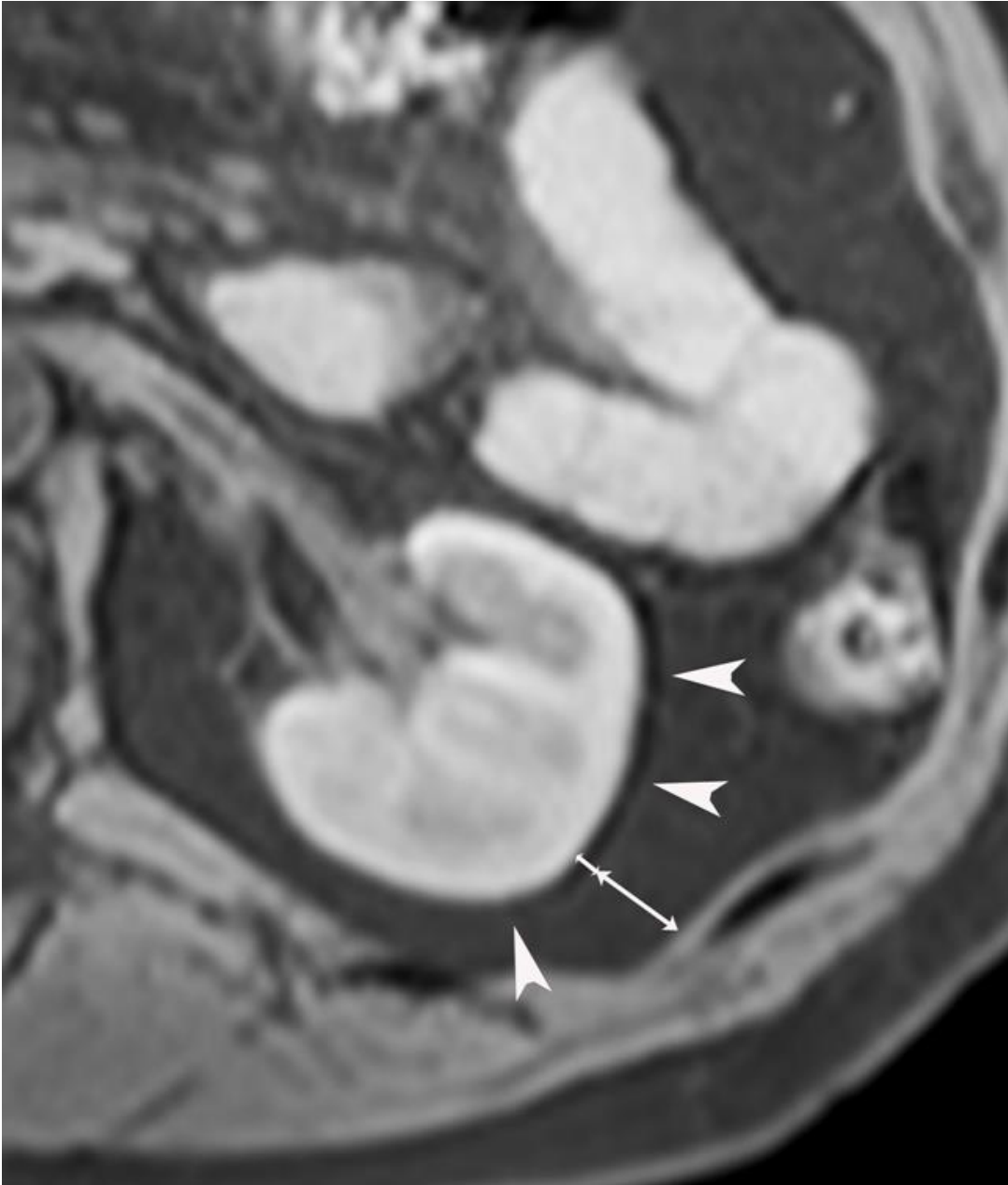


Abbildung 5 Beispielbild für die Messung des Peri- und des posterioren Pararenalraums an der linken Niere in T1-gewichteten FLASH Sequenzen¹⁹

kurzer Pfeil = Messung des Perirenalraums, langer Pfeil = Messung des posterioren Pararenalraums, Pfeilspitzen = Fascia renalis

2.3 Risikofaktoren

Zu den Faktoren, die wir in unsere Betrachtung einbezogen haben, gehörten der Raucherstatus, der BMI, die eGFR und Vorerkrankungen wie Diabetes mellitus und Hypertonie. Außerdem die MRT-abgeleiteten Peri- und Pararenalraumdurchmesser (posteriorer) sowie das Vorhandensein von Nierenzysten. Der Raucherstatus wurde durch standardisierte persönliche Befragungen erfasst und als Nie-, Ex- und aktueller Raucher klassifiziert. Das Vorliegen eines Diabetes mellitus wurde ebenfalls standardisiert erfragt. Für die Kategorisierung als aktueller Diabetes mellitus wurde die ärztliche Diagnose, die aktuelle Medikation mit einem Antidiabetikum oder Insulin, ein zufälliger Glukosespiegel $\geq 11,1$ mmol/l oder ein HbA1c-Wert $\geq 6,5$ % verwendet. Der BMI wurde als Körpergewicht (kg) geteilt durch das Quadrat der Körpergröße (m^2) berechnet.

Ein erhöhter systolischer Blutdruck von ≥ 140 mmHg, ein erhöhter diastolischer Blutdruck von ≥ 90 mmHg oder die in der Befragung angegebene Einnahme von blutdrucksenkenden Medikamenten wurde bei den Probanden als Hypertonie definiert. Die Messungen des systolischen und diastolischen Blutdrucks erfolgten am rechten Arm des seit fünf Minuten sitzenden Probanden mit einem digitalen Blutdruckmessgerät (HEM-705CP, Omron Corporation, Tokio, Japan). Gemessen wurde dreimal mit jeweils weiteren drei Minuten zwischen jeder Messung. Der Mittelwert aus der zweiten und dritten Messung wurde gebildet und für die Klassifizierung herangezogen. Die eGFR wurde mittels MDRD-Formel berechnet: $eGFR (\text{Kreatinin}) = 186.3 \times \text{Serumkreatinin}^{-1.154} \times \text{Alter}^{-0.203} \times (0.742 \text{ bei weiblichem Geschlecht})^{20}$.

2.4 Statistische Auswertung

Für die statistische Analyse wurde Stata 14.1 (Stata Corporation, College Station, TX, USA) genutzt. Als statistisch signifikant wurde ein p-Wert von $< 0,05$ angenommen. Die Probandeneigenschaften und die MRT-abgeleiteten Werte wurden als Median mit Interquartilbereich für kontinuierliche Variablen sowie als Zahlwerte und Prozentsätze für kategoriale Variablen dargestellt. Die Häufigkeiten der perirenaln Septenstadien wurden nach linker und rechter Niere, Geschlecht und Altersgruppen von 10 Jahren aufgetragen. Unterschiede zwischen den perirenaln Septenstadien der linken und rechten Niere wurden durch den Bowkers Test auf Tabellensymmetrie getestet. Unterschiede der Septenstadien zwischen Frauen und Männern sowie zwischen verschiedenen Altersgruppen wurden durch den Chi²-Tests getrennt für die linke und rechte Niere bewertet.

Assoziationen potenzieller Risikofaktoren mit MRT-abgeleiteten Septenstadien der linken und rechten Niere wurden durch geordnete logistische Regressionsanalysen bewertet, die Odds Ratios mit 95 %-Konfidenzintervallen bereitstellten. Multivariable Modelle schlossen Alter, Geschlecht, BMI, Raucherstatus, Bluthochdruck, Diabetes mellitus, eGFR, vorhandene Nierenzysten sowie Dicke des Perirenalaums und posterioren Pararenalraums ein. Es wurden geschichtete Analysen nach Frauen und Männern sowie nach Altersgruppen durchgeführt (Median getrennt). Um die Anpassungsgüte logistischer Modelle zu bewerten, wurden Pseudo-R²-Werte bereitgestellt.

3 Ergebnisse

Wie **Tabelle 1** zu entnehmen, waren die Studienteilnehmer (N = 1752) im Median 52 Jahre alt (IQR: 41; 62 Jahre) und hatten einen BMI von 27,2kg/m² (IQR: 24,4; 30,4). Ein Anteil von 39,6 % gab an, nie geraucht zu haben (N = 694), 37,1 % seien Ex-Raucher (N = 650) und 23,3 % seien zum Zeitpunkt der Befragung Raucher gewesen (N = 408). Von den eingeschlossenen Probanden hatten 43,2 % (N = 757) eine Hypertonie und 6,7 % (N = 117) waren Diabetiker. Die GFR lag im Median bei 86,8ml/min/1,73m² (IQR: 75,9; 99,8) und bei 3,8 % (N = 66) wurden Nierenzysten detektiert.

Die Perirenalräume waren im Median an der rechten und linken Niere 1,7mm im Durchmesser (IQR rechts 1,5; 1,8/ IQR links 1,6; 1,8). Der posteriore Pararenalraum war mit 6,1mm (IQR 3,3; 11,4) im Median an der rechten Niere etwas schmaler als der der linken Niere mit 7,5mm (IQR 3,7; 13,8).

Tabelle 1 *Charakteristik der Studienteilnehmer*¹⁹

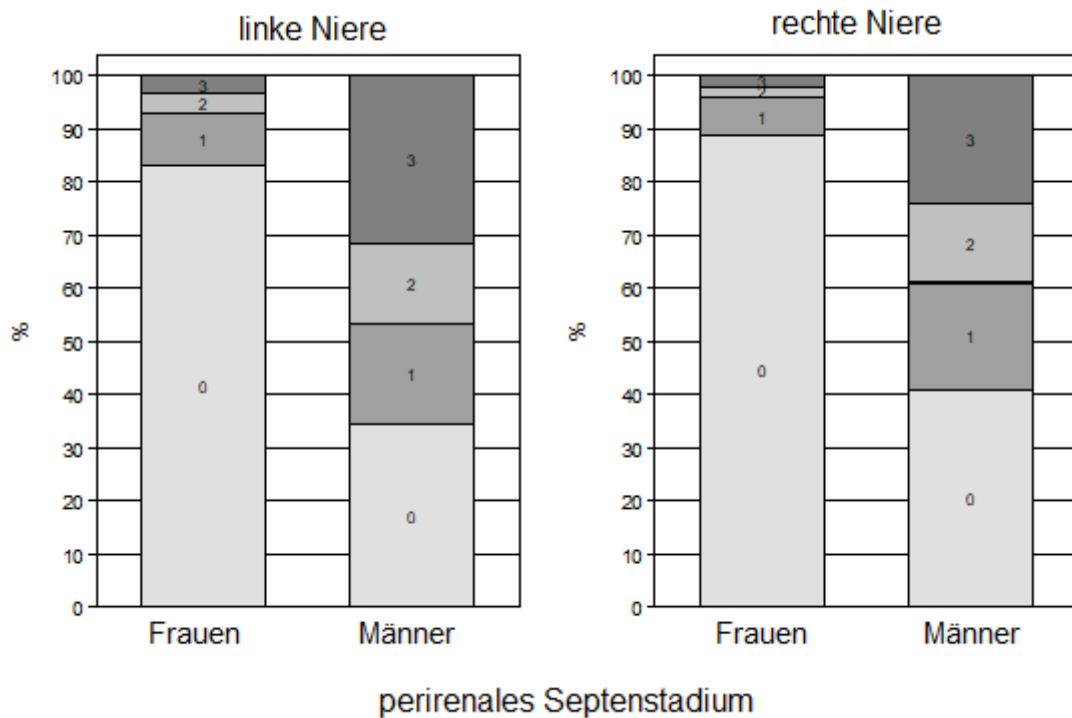
Merkmale	Gesamtstichprobe N=1752
Männliches Geschlecht	842 (48.1%)
Alter	52 (41; 62)
BMI	27.2 (24.4; 30.4)
Raucherstatus	
Nicht-Raucher	694 (39.6%)
Ex-Raucher	650 (37.1%)
Raucher	408 (23.3%)
Bluthochdruck	757 (43.2%)
Diabetes mellitus Typ II	117 (6.7%)
Glomeruläre Filtrationsrate mL/min/1.73 ²	86.8 (75.9; 99.8)
Vorhandensein von Nierenzysten	66 (3.8%)
Rechte Niere	
Dicke des Perirenalraums (mm)	1.7 (1.5; 1.8)
Dicke des posterioren Pararenalraums (mm)	6.1 (3.3; 11.4)
Linke Niere	
Dicke des Perirenalraums (mm)	1.7 (1.6; 1.8)
Dicke des posterioren Pararenalraums (mm)	7.5 (3.7; 13.8)

Daten als Median mit Interquartilbereich oder Zahlwerte mit Prozentsatz

Die Prävalenz für ein Septenstadium ≥ 1 lag bei 40,7 %. In **Abbildung 6** ist dabei ein deutlicher Unterschied zwischen den Geschlechtern für beide Nieren sichtbar. Männer hatten an der linken Niere für Septenstadien ≥ 1 eine Prävalenz von 66 % im Vergleich zu 17 % bei den Frauen.

Abbildung 6 Gegenüberstellung der perirenaln Septenstadien zwischen Männern und Frauen¹⁹

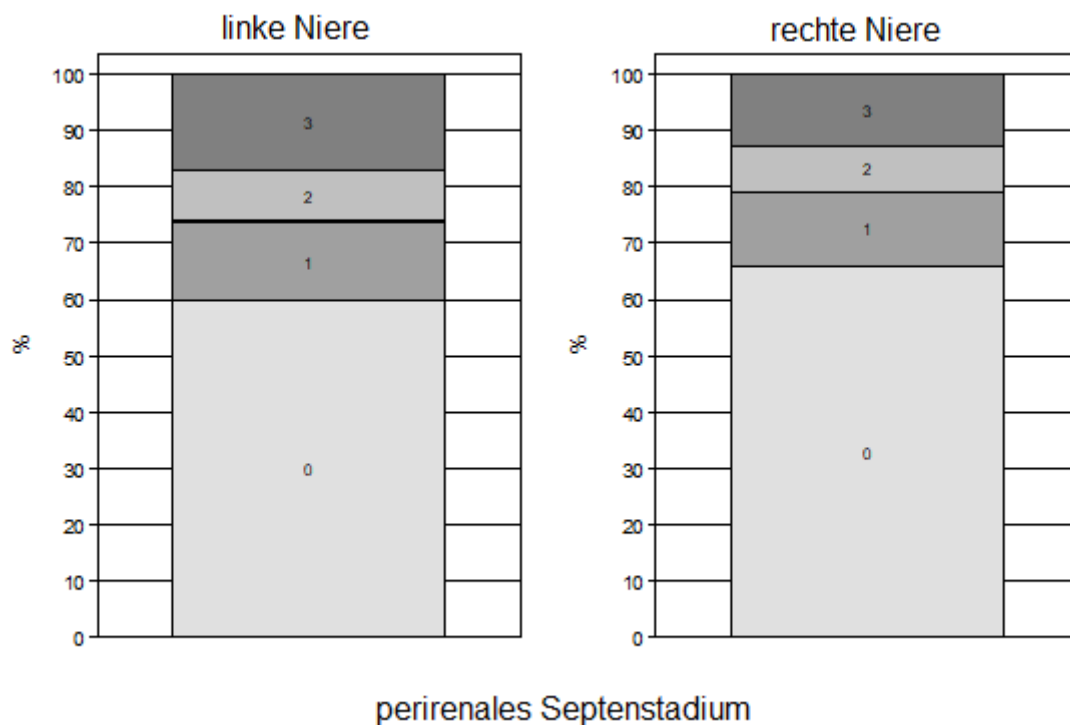
Stadium 0: keine Septen; Stadium 3: maximale Septenausbildung; ($p < 0.001$)



Auch eine Seitendifferenz mit einer Signifikanz von $p < 0,001$ ist in **Abbildung 7** sichtbar. Perirenale Septen traten in der linken Niere mit einer Häufigkeit von 17 % für Stadium 3 häufiger auf als in der rechten Niere mit 13 %.

Abbildung 7 Gegenüberstellung der perirenaln Septenstadien zwischen linker und rechter Niere¹⁹

Stadium 0: keine Septen; Stadium 3: maximale Septenausbildung ; ($p < 0.001$)



In **Abbildung 8** und **9** sind die Häufigkeiten der perirenaln Septenstadien je Niere nach Alter aufgetragen. Dabei fällt eine signifikant höhere Prävalenz im Alter auf, wobei $p < 0,001$ ist. Mit dem Alter der Probanden, in Altersgruppen von je 10 Jahren aufgetragen, stieg der Anteil an perirenaln Septen in beiden Nieren. Für die linke Niere ergaben sich Prävalenzen für Septenstadien ≥ 1 von 3 % in der Altersgruppe der 20 bis 29 Jährigen, von mehr als 48 % bei den 50 bis 59 Jährigen und von 77 % in der Altersgruppe der über 70-jährigen Studienteilnehmer.

Abbildung 8 Aufstellung der perirenenal Septenstadien nach Altersgruppen für die rechte Niere¹⁹

Stadium 0: keine Septen; Stadium 3: maximale Septenausbildung; ($p < 0.001$)

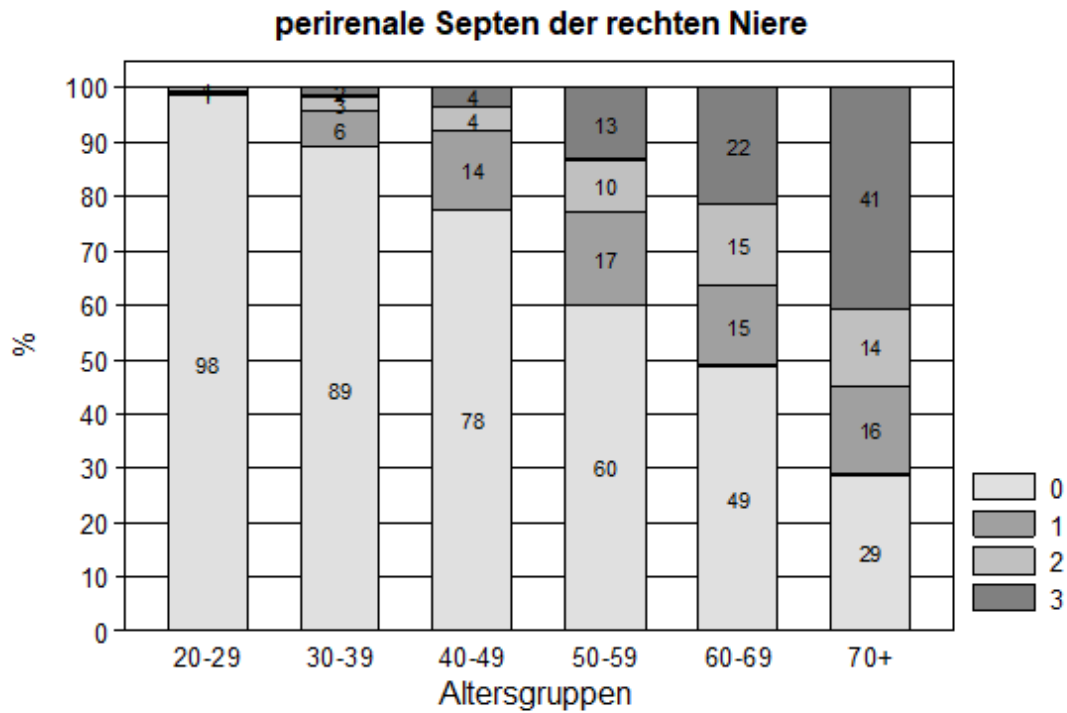
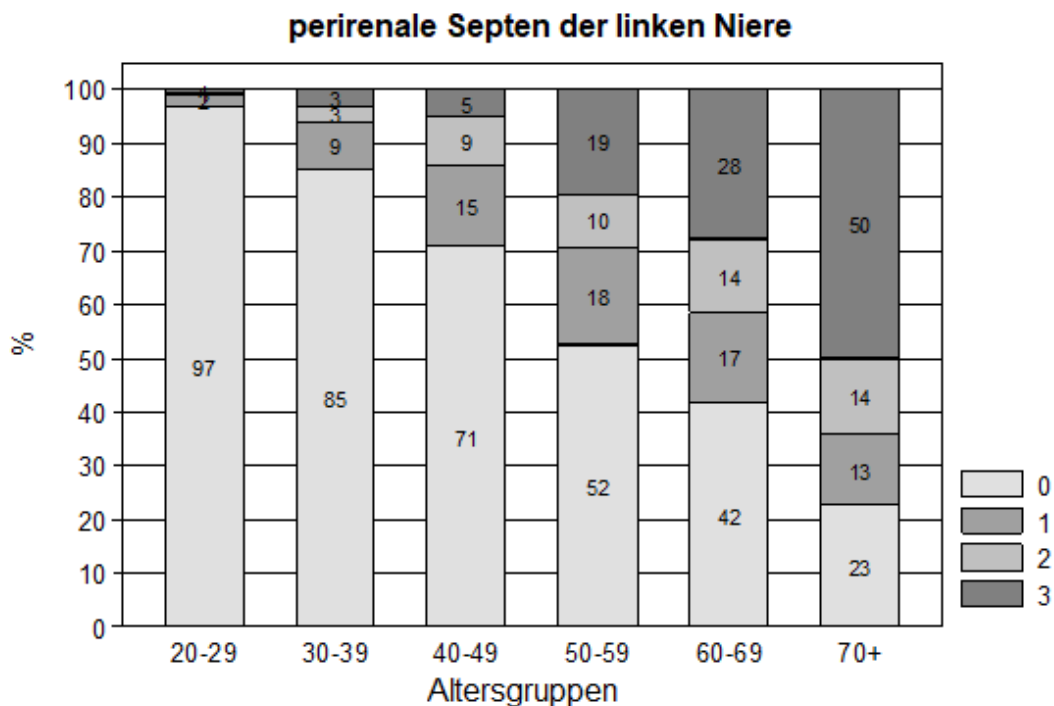


Abbildung 9 Aufstellung der perirenenal Septenstadien nach Altersgruppen für die linke Niere¹⁹

Stadium 0: keine Septen; Stadium 3: maximale Septenausbildung; ($p < 0.001$)



Als signifikant unabhängige Risikofaktoren für perirenale Septen der linken Niere zeigten sich männliches Geschlecht (OR = 13.2; 95 % CI 9.7; 17.9; $p < 0.001$), ein höheres Alter (OR = 1.09; 95 % CI 1.07; 1.10; $p < 0.001$), ein höherer BMI (OR = 1.06; 95 % CI 1.03; 1.10; $p < 0.001$), aktives Rauchen (OR = 1.89, 95 % CI 1.35; 2.64; $p < 0.001$), ein Diabetes mellitus (OR = 1.79; 95 % CI 1.15; 2.78; $p < 0.001$) und eine erhöhte Dicke des posterioren Pararenalraums (OR= 1,20; 95%CI 1,17; 1,23; $p < 0,001$). Für die rechte Niere ergaben sich bis auf den Diabetes mellitus die gleichen Risikofaktoren (**Tabelle 2**).

Als zusätzliche Risikofaktoren für perirenale Septen ergaben sich bei Männern Nierenzysten (OR = 3.08, 95 % CI 1.05; 9.04; $p = 0.041$) und bei Frauen ein Hypertonus (OR = 1.62; 95 % CI 1.03; 2.56, $p = 0.036$). Nachdem die Daten nach Alter stratifiziert wurden, waren der BMI nur noch in den älteren Altersgruppen (OR = 1.07; 95 % CI 1.03; 1.12; $p = 0.001$) und aktives Rauchen nur noch in den jüngeren Altersgruppen (OR = 2.20; 95 % CI 1.32; 3.64; $p = 0.002$) mit perirenenalen Septen assoziiert.

Tabelle 2 Zusammenhänge zwischen Risikofaktoren und perirenaln Septen¹⁹

Risikofaktoren	Perirenale Septen der rechten Niere (0-3) OR (95%CI)	Perirenale Septen der linken Niere (0-3) OR (95%CI)
Männliches Geschlecht	14.23 (10.07; 20.10) ^{***}	13.16 (9.66; 17.93) ^{***}
Alter	1.10 (1.08; 1.11) ^{***}	1.09 (1.07; 1.10) ^{***}
BMI	1.06 (1.02; 1.10) ^{**}	1.06 (1.03; 1.10) ^{***}
Raucherstatus		
Nicht-Raucher	Referenz	Referenz
Ex-Raucher	1.20 (0.90; 1.61)	1.10 (0.84; 1.45)
Raucher	1.58 (1.10; 2.27) [*]	1.89 (1.35; 2.64) ^{***}
Bluthochdruck	1.25 (0.95; 1.66)	1.26 (0.97; 1.64)
Diabetes mellitus Typ II	1.53 (0.98; 2.41)	1.79 (1.15; 2.78) ^{**}
Glomeruläre Filtrationsrate	1.00 (0.99; 1.01)	1.00 (0.99; 1.01)
Vorhandensein von Nierenzysten	2.22 (1.00; 4.93)	2.01 (0.89; 4.55)
Dicke des Perirenalraums (mm)	1.09 (0.63; 1.88)	1.03 (0.59; 1.80)
Dicke des posterioren Pararenalraums (mm)	1.22 (1.19; 1.25) ^{***}	1.20 (1.17; 1.23) ^{***}
Pseudo R ²	0.4226	0.4074

Odds Ratios von geordneten logistischen Regressionsanalysen

^{***} $p < 0.001$; ^{**} $p < 0.01$; ^{*} $p < 0.05$

4 Diskussion

Der mögliche Austausch zwischen Perirenalraum und den angrenzenden Räumen und Spalträumen durch hämatogene und lymphatische Bahnen innerhalb der überbrückenden Septen macht den Perirenalraum zu einem zentralen Raum im Retroperitoneum im Blick auf dort entstehende oder dorthin ausgebreitete physiologische und pathologische Prozesse²¹. Gore et al. sind der Ansicht, dass Flüssigkeiten und Blut über die vernetzenden Septen bis in die intrafaszialen Spalträume gelangen können und umgekehrt¹². Über die Spalträume bestehen dann weitere Ausbreitungsmöglichkeiten sowohl innerhalb aller Spalträume als auch bis ins kleine Becken⁸.

Da die in der Bildgebung sichtbaren perirenal Strukturen durch eine Vielzahl an benignen oder malignen Prozessen hervorgehoben sein können²², und viele von ihnen erst spät durch körperliche Symptome auffällig werden, spielt die Bildgebung eine wichtige Rolle in der Diagnostik solcher²¹.

Wichtig ist dabei die Prävalenz von perirenal Septen zu kennen, sowie grundsätzliche Zusammenhänge mit potentiellen Einflussfaktoren zu verstehen.

Die Prävalenz von einem Septenstadien ≥ 1 lag in unserer Studie bei 40,7 % und somit zwischen den beiden nachfolgenden Studienergebnissen.

Erden et al. fanden in ihren Untersuchungen von insgesamt 83 Frauen und 67 Männern (N = 150) eine Prävalenz von 26,6 %. Der Median ihrer Population, die in der Altersspanne von 16 – 89 Jahren lag, betrug, ähnlich wie in unserer, 55 Jahre.¹⁵

Auch Monzawa et al. untersuchten in ihrer Studie 46 Patienten ohne und 96 Patienten mit Nierenerkrankungen mittels MRT- Bildgebung auf Vorhandensein von perirenal septenartigen Signalveränderungen in der MRT, deren Intensität sowie Rechts-Linkssymmetrie. Die in T2-gewichteten Sequenzen im perirenal Fett lokalisierten Hyperintensitäten bezeichneten sie dabei als Stränge, die auf der Nierenoberfläche lokalisierten als Halos. Bei den 46 Nierengesunden in ihrer Studie ergaben sich Prävalenzen von 50 % für Stränge und 39 % für Halos. Unter all ihren Probanden, inklusive Nierenkranker, fanden sie eine Prävalenz von 57 % für Stränge und 47 % für Halos.¹³

Monzawa et al. kamen ebenfalls zu dem Ergebnis, dass Männer signifikant mehr und deutlichere Stränge und Halos aufwiesen. Frauen erreichten nie mehr als den von ihnen als niedrigsten Grad definierten Zustand von einigen schmalen Strängen und Halos.¹³

Auch in unseren Ergebnissen zeigte sich eine deutliche Geschlechterasymmetrie. So hatten Männer an der linken Niere für Septenstadien ≥ 1 eine Prävalenz von 66 % im Vergleich zu 17 % bei den Frauen.

Eine Altersverteilung mit signifikant steigender Prävalenz von perirenenal Septen mit dem Alter zeigte sich, wie in unserer Studie, auch bei Monzawa et al. Dort kamen Stränge und Halos signifikant stärker bei Probanden ≥ 60 Jahren als bei Jüngeren vor¹³.

Als Erklärung für die Alters- und Geschlechterverteilung führten sie die unterschiedliche Verfettung des perirenenalen Raumes an. Der bei Männern und Älteren für gewöhnlich dickere perirenenale Raum sei zur ausreichenden Versorgung des Fettes von einem deutlicheren Netz aus Strängen und Halos durchzogen.¹³

Laut Kawasaki et al. korreliert die Dicke des peri- und pararenalen Raums signifikant mit dem des viszeralen Fettes.²³ Daraus ist zu mutmaßen, dass Menschen mit erhöhtem BMI auch im Peri- und Pararenalraum ausgeprägtere Fettdepots aufweisen.

In unserer Studie kamen wir zu dem Ergebnis, dass ein erhöhter BMI signifikant mit dem Auftreten von perirenenal Septen assoziiert ist, ebenso mit einer erhöhten Dicke des posterioren Pararenalraums; nicht jedoch mit einer erhöhten Dicke des Perirenenalraum, so wie Monzawa et al. dies vermuteten.¹³

Bei einem von Monzawa et al. untersuchten Patienten mit einem Nierenzellkarzinom kam es durch dieses zu einer venösen Obstruktion. Im Perirenenalraum des gleichen Patienten zeigten sich sehr kräftige Halos mit deutlicher Seitenasymmetrie.¹³

Schlussfolgernd ist anzunehmen, dass durch erhöhten Gefäßdruck Blut- und Lymphgefäße in den Septen gestaut werden und dadurch in der Bildgebung deutlicher erscheinen.

Winfield et al. postulierten, dass es sich bei den perirenenal zu sehenden "Spinnweben" in CT-Bildern um sekundär ausgebildete Kollateralen nach Nierenvenenthrombose handelte.¹⁶ Dies wäre eine weitere Erklärungsmöglichkeit für bildmorphologisch vermehrte Septenbildung.

Auch erhöhter Gewebedruck kann zu einer Stauung von Blut- und Lymphbahnen führen. So könnte die Assoziation zwischen dickerem posterioren Pararenalraum und perirenenalen Septen darauf beruhen, dass ein dickerer Pararenalraum auch einen höheren Druck auf die im Perirenalraum liegenden Gefäße ausübt.

Bei den in der Bildgebung sichtbaren Strukturen kann nicht zwischen den von Kunin beschriebenen Septen und Bestandteilen des reichen Lymphbahnnetzes im Perirenalraum unterschieden werden. Die Lymphbahnen stellen dabei eine weitere Verbindungsmöglichkeit zwischen dem Perirenalraum und seinen umliegenden Kompartimenten dar. Über Lymphknoten im Nierenhilus drainieren sie bis in die periaortalen Lymphknoten, aber auch diaphragmal.^{3,6,8}

Schließlich erfolgt der Abfluss über den Ductus thoracicus in die linke V. subclavia, die linke V. jugularis interna oder externa oder direkt in den linken Venenwinkel. Der lymphatische Abfluss über den Ductus thoracicus kann durch Erkrankungen wie chronische Herzinsuffizienz und Leberzirrhose eingeschränkt sein, denn diese behindern durch gesteigerten zentralvenösen Druck den lymphovenösen Abfluss.²⁴ Durch die Stauung des Ductus thoracicus kommt es auch zu verstärkter Lymphfüllung in der Niere²⁵, welche in deutlicheren perirenenalen Septen sichtbar werden kann. Der Verlauf des Ductus thoracicus und der Vena cava auf der rechten Seite^{25,26} könnte die Ursache der in unserer Studie aufgetretenen Seitendifferenz von 17 % Prävalenz für perirenale Septen in der linken Niere und 13 % in der rechten Niere sein. Die längere Abflussstrecke der linken Niere zu den rechts gelegenen Drainagestrukturen könnte durch einen höheren intravasalen Druck zu gestauteren Lymphgefäßen und damit zu besser sichtbaren Septen links führen.

Rauchen und Diabetes mellitus führen ebenfalls zu Mikrozirkulationstörungen der Niere, welche einen Stau in den kleinen Blut- und Lymphgefäßen verursachen könnten. Hierdurch ließe sich die in unserer Studie erbrachte Assoziation von Rauchen mit perirenenalen Septen für beide Nieren sowie von Diabetes mellitus für die linke Niere erklären.

Monzawa et al. fanden als histopathologisches Korrelat der Stränge und Halos in ex-vivo MRT-Aufnahmen lamellenartiges vaskularisiertes Bindegewebe bei vier Patienten mit radikaler Nephrektomie bei Nierenzellkarzinom. Sie folgerten, dass die das perirenale Fett durchspannenden Stränge den von Kunin beschriebenen Septen entsprechen könnten.¹³

Unklar bleibt jedoch, ob es sich bei perirenenalen flüssigkeitsisointensen Signalsteigerungen allein um flüssigkeitsgefüllte fibröse Septen handelt, oder aber dilatierte Lymphgefäße, oder freie Flüssigkeit.

Yassa et al. und Haddad et al. entdeckten sonografisch Flüssigkeitsansammlungen um die Nieren in Verbindung mit Parenchymerkrankungen der Niere.^{27,28}

Haddad et al. wiesen perirenale Flüssigkeitsansammlungen bei neun Patienten mit Parenchymerkrankungen nach. Daraus folgerten sie, dass perirenale Flüssigkeitsansammlungen ein Zeichen für unzureichende Natriumausscheidung sind, welche ursächlich im erkrankten Nierenparenchym liegt.²⁸

Yassa et al. untersuchten sonografisch die Nieren von Patienten mit Nierenversagen und fanden dabei perirenale echoarme Bereiche, den sogenannten "Kidney sweat", in 47 von 330 Patienten. Aufgrund des morphologischen Erscheinungsbild in der Sonografie vermuteten sie, dass es sich um ein extrakapsulär liegendes Ödem handelt.²⁷

Das Erscheinungsbild eines immer unverzweigt auftretenden Streifens dicht extrakapsulär²⁷ und der in unserer Studie nicht nachweisbaren Assoziation von perirenenalen Septen und Nierenfunktion deutet darauf hin, dass es sich bei dem „Kidney sweat“ nicht um die gleiche Entität wie die perirenenalen Septen handelt.

Sich ähnlich wie perirenale Septen darstellende freie Flüssigkeit könnte laut Dyer et al. und Monzawa et al. aus einer urethralen Obstruktion entstehen. In MRT-Untersuchungen von 5 Patienten mit vorheriger retrograder Pyelographie konnten Monzawa et al. ableiten, dass urethrale Obstruktionen zu deutlichen perirenenalen Septen führen.¹³ Laut Dyer et al. ist der Grund dafür ein entstehendes Ödem mit Flüssigkeitsaustritt.¹⁷

Erden et al. untersuchten 2011 erstmalig den Zusammenhang zwischen perirenenalen Septen und dem Serumkreatininspiegel in T2 gewichteten MRT- Aufnahmen bei 150 Probanden. Dabei stellten sie fest, dass die Prävalenz von perirenenalen Septen bei Patienten mit erhöhtem Serumkreatininspiegel bei 61% lag und damit signifikant höher war als bei Patienten mit normalen Serumkreatininspiegeln (19,7%). Dies interpretierten sie als Zeichen, dass perirenale Septen auf Nierenerkrankungen hinweisen könnten. Auch im Zusammenhang mit Nierenzysten stellten sie erhöhte Prävalenzen fest.¹⁵

In unserer Studie konnten wir auf die Vermutung von Erden et al. keinen Hinweis finden. Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der, von uns herangezogenen, GFR und perirenen Septen festgestellt werden. Gleiches gilt, zumindest bei Frauen, für Nierenzysten. Bei Männern zeigte sich eine Assoziation zwischen Nierenzysten und dem Auftreten von perirenen Septen. (OR = 3,08, 95%CI 1,05; 9,04; p=0,041).

Erden et al. stellten in ihrer Diskussion bereits fest, dass in ihrer Studie das Alter der Patienten mit erhöhten Serumkreatininspiegeln signifikant höher war als das der Patienten mit normalen Serumkreatinwerten. Da die Nierenfunktion mit steigendem Alter sinkt, ist zu vermuten, dass es sich bei den erhöhten Serumkreatininspiegeln um einen Störfaktor handelt und die perirenen Septen, wie in unserer Studie, eigentlich mit dem Alter assoziiert waren.

Weil die Risikofaktoren für Nierenzysten den in unserer Studie gefundenen Risikofaktoren für perirene Septen gleichen, nämlich Alter, männliches Geschlecht und aktiver Raucherstatus²⁹, ist zu vermuten, dass es sich auch hier um einen Störfaktor handelt.

Insgesamt ließ sich kein direkter Zusammenhang zwischen Nierenfunktion und perirener Septenbildung finden. Auch Monzana et al. kamen zu der Schlussfolgerung, dass perirene Septen eher als Normalvarianten angesehen werden müssten. Da sich in 11 von 96 nierenkranken Patienten allerdings sehr prominente Stränge und/oder Halos mit deutlicher Asymmetrie zeigten, folgerten sie daraus, dass diese Zeichen einen möglichen Hinweis auf strukturelle Veränderungen und Pathologien im perirenen Fett geben könnten.¹³

Limitationen unserer Studie lagen in der Größenbestimmung des Peri- und posterioren Pararenalraums mittels Entfernungsmessung, anstelle der zuverlässigeren Volumetrie. Deren Anwendung war jedoch aufgrund der im MRT schwierigeren Abgrenzbarkeit der Leitstrukturen, besonders des posterioren Pararenalraums, eingeschränkt.

Darüber hinaus klassifizierten wir die perirenen Septen zwar in Grade verschiedener Ausprägung, jedoch unterteilten wir nicht weiter in morphologisch unterschiedliche Typen, wie z.B. Monzawa et al. in Halos und Stränge oder wie Kunin et al. in verschiedene Septentypen. Hierdurch wäre eventuell eine differenziertere Betrachtung im Hinblick auf Einflussfaktoren und tatsächliches histopathologisches Korrelat möglich.

Noch mehr Klarheit würde die direkte Gegenüberstellung von im in-vivo MRT gesehenen perirenen Septen und histologischer Untersuchung derselben Struktur erbringen. Im Rahmen unserer Studie war dies jedoch nicht möglich.

Bei der Beurteilung unserer Ergebnisse muss außerdem beachtet werden, dass unsere Analysen über die Assoziation von perirenen Septen und Nierenfunktion anhand von Probanden ohne Nierenfunktionseinschränkungen getroffen worden sind. Studienteilnehmer mit einer eGFR von <30 ml/min/1.73 m² oder >130 ml/min/1.73 m² wurden ausgeschlossen. Daraus ergibt sich, dass perirene Septen keine Assoziation zur Nierenfunktion bei Probanden ohne Nierenfunktionsstörung zeigen.

In Zusammenschau unserer Ergebnisse können wir jedoch die Aussage treffen, dass perirene Septen insgesamt in der Allgemeinbevölkerung häufig sind, mit höheren Prävalenzen für die linke Niere. Als Einflussfaktoren konnten wir männliches Geschlecht, hohes Alter, hoher BMI, aktives Rauchen und erhöhte Dicke des posterioren Pararenalraumes identifizieren.

5 Zusammenfassung

Ziel: Ziel dieser Arbeit war es, Prävalenz, Ausprägung und Einflussfaktoren von perirenaln Septen in der Allgemeinbevölkerung zu untersuchen.

Material und Methoden: Von den per Zufallsstichprobe ausgewählten 4420 Probanden der populationsbasierten SHIP-TREND Kohorte wurden die T2-gewichteten Sequenzen der MRT-Ganzkörperuntersuchungen nach einem festgelegten Septenklassifikationsschema beurteilt. Eine Durchmesserbestimmung des Peri- und posterioren Pararenalraumes wurde anhand von T1-gewichteten Sequenzen vorgenommen. Nach Prüfung von Ausschlusskriterien umfasste die endgültige Stichprobe 910 Frauen und 842 Männer (N= 1752) im Alter von 21 bis 79 Jahren. Als zu betrachtende Risikofaktoren wurden aus den Erhebungen der SHIP-TREND Studie der Raucherstatus, der BMI, die glomeruläre Filtrationsrate und Vorerkrankungen wie Diabetes mellitus und Hypertonie herangezogen.

Ergebnis: Die Prävalenz eines perirenaln Septenstadiums von ≥ 1 lag unter allen Studienteilnehmern bei 40,7%. Ein deutlicher Unterschied zwischen den Geschlechtern war für beide Nieren sichtbar. Die Männer hatten an der linken Niere (Septensstudium ≥ 1) eine Prävalenz von 66% im Vergleich zu 17% bei den Frauen. Im Seitenvergleich zeigte sich mit einer Signifikanz von $p < 0,001$ eine Häufigkeit von 17% für Septenstadium 3 in der linken Niere und von 13% in der rechten Niere. Bei den Älteren wurde ebenfalls eine höhere Prävalenz deutlich, mit 77% bei den über 70-Jährigen und 3% bei den 20 bis 29 Jährigen ($p < 0,001$). Als signifikant unabhängige Risikofaktoren für perirenale Septen der linken Niere zeigten sich männliches Geschlecht (OR = 13, 2; 95%CI 9,7; 17,9; $p < 0,001$), ein höheres Alter (OR = 1,09; 95%CI 1,07; 1,10; $p < 0,001$), ein erhöhter BMI (OR = 1,06; 95% CI 1,03; 1,10), aktives Rauchen (OR = 1,89, 95%CI 1,35; 2,64; $p < 0,001$), ein Diabetes mellitus (OR= 1,79; 95%CI 1,15; 2,78; $p < 0,001$) und eine erhöhte Dicke des posterioren Pararenalraums (OR = 1,20; 95%CI 1,17; 1,23; $p < 0,001$). Für die rechte Niere ergaben sich bis auf den Diabetes mellitus die gleichen Risikofaktoren.

Schlussfolgerung: Insgesamt sind perirenale Septen in der Allgemeinbevölkerung häufig, mit höherer Prävalenz für die linke Niere. Risikofaktoren für eine stärkere Ausprägung sind männliches Geschlecht, höheres Alter, hoher BMI, aktives Rauchen und erhöhte Dicke des posterioren Pararenalraums.

6 Literaturverzeichnis

- 1 Anderhuber F, Pera F, Streicher J. *Waldeyer: Anatomie des Menschen ; Lehrbuch und Atlas in einem Band*. 19. Aufl. s.l.: Walter de Gruyter GmbH Co.KG; 2012.
- 2 Korobkin M, Silverman PM, Quint LE, Francis IR. CT of the extraperitoneal space: normal anatomy and fluid collections. *AJR Am J Roentgenol*. 1992;159(5):933-942. doi:10.2214/ajr.159.5.1414803.
- 3 Bechtold RE, Dyer RB, Zagoria RJ, Chen MY. The perirenal space: relationship of pathologic processes to normal retroperitoneal anatomy. *Radiographics*. 1996;16(4):841-854. doi:10.1148/radiographics.16.4.8835975.
- 4 Raptopoulos V, Lei QF, Touliopoulos P, Vrachliotis TG, Marks SC. Why perirenal disease does not extend into the pelvis: the importance of closure of the cone of the renal fasciae. *AJR Am J Roentgenol*. 1995;164(5):1179-1184. doi:10.2214/ajr.164.5.7717228.
- 5 Coffin A, Boulay-Coletta I, Sebbag-Sfez D, Zins M. Radioanatomy of the retroperitoneal space. *Diagn Interv Imaging*. 2015;96(2):171-186. doi:10.1016/j.diii.2014.06.015.
- 6 Aizenstein RI, Wilbur AC, O'Neil HK. Interfascial and perinephric pathways in the spread of retroperitoneal disease: refined concepts based on CT observations. *AJR Am J Roentgenol*. 1997;168(3):639-643. doi:10.2214/ajr.168.3.9057506.
- 7 Haddad MC, Hawary MM, Khoury NJ, Abi-Fakher FS, Ammouri NF, Al-Kutoubi AO. Radiology of perinephric fluid collections. *Clin Radiol*. 2002;57(5):339-346. doi:10.1053/crad.2001.0854.
- 8 Aizenstein RI, Owens C, Sabnis S, Wilbur AC, Hibbeln JF, O'Neil HK. The perinephric space and renal fascia: review of normal anatomy, pathology, and pathways of disease spread. *Crit Rev Diagn Imaging*. 1997;38(4):325-367.
- 9 Dodds WJ, Darweesh RM, Lawson TL, et al. The retroperitoneal spaces revisited. *AJR Am J Roentgenol*. 1986;147(6):1155-1161. doi:10.2214/ajr.147.6.1155.
- 10 Molmenti EP, Balfe DM, Kanterman RY, Bennett HF. Anatomy of the retroperitoneum: observations of the distribution of pathologic fluid collections. *Radiology*. 1996;200(1):95-103. doi:10.1148/radiology.200.1.8657951.
- 11 Kunin M. Bridging septa of the perinephric space: anatomic, pathologic, and diagnostic considerations. *Radiology*. 1986;158(2):361-365. doi:10.1148/radiology.158.2.3941862.

- 12 Gore RM, Balfe DM, Aizenstein RI, Silverman PM. The great escape: interfascial decompression planes of the retroperitoneum. *AJR Am J Roentgenol.* 2000;175(2):363-370. doi:10.2214/ajr.175.2.1750363.
- 13 Monzawa S, Schnall MD, Lee RC. Curvilinear areas in the perinephric fat seen on MR images. *Clin Radiol.* 1999;54(10):669-675.
- 14 Xiang H, Han J, Ridley WE, Ridley LJ. Perirenal cobwebs: Perinephric stranding. *J Med Imaging Radiat Oncol.* 2018;62 Suppl 1:96. doi:10.1111/1754-9485.42_12784.
- 15 Erden A, Sahin BS, Orgodol H, Erden I, Bıyıklı Z. Relationship between levels of serum creatinine and perirenal hyperintensity on heavily T2-weighted MR images. *Eur J Radiol.* 2011;80(2):590-593. doi:10.1016/j.ejrad.2009.11.028.
- 16 Winfield AC, Gerlock AJ, Shaff MI. Perirenal cobwebs: a CT sign of renal vein thrombosis. *J Comput Assist Tomogr.* 1981;5(5):705-708. doi:10.1097/00004728-198110000-00020.
- 17 Dyer RB, Chen MY, Zagoria RJ. Classic signs in urology. *Radiographics.* 2004;24 Suppl 1:S247-80. doi:10.1148/rg.24si045509.
- 18 Völzke H, Alte D, Schmidt CO, et al. Cohort profile: the study of health in Pomerania. *Int J Epidemiol.* 2011;40(2):294-307. doi:10.1093/ije/dyp394.
- 19 Mensel B, Vogel S, Streufert A, et al. Prevalence and risk factors of perirenal hyperintensities on T2-weighted MR imaging. *Abdom Radiol (NY).* 2020. doi:10.1007/s00261-020-02569-5.
- 20 Levey AS, Bosch JP, Lewis JB, Greene T, Rogers N, Roth D. A more accurate method to estimate glomerular filtration rate from serum creatinine: a new prediction equation. Modification of Diet in Renal Disease Study Group. *Ann Intern Med.* 1999;130(6):461-470. doi:10.7326/0003-4819-130-6-199903160-00002.
- 21 Heller MT, Haarer KA, Thomas E, Thaete FL. Neoplastic and proliferative disorders of the perinephric space. *Clin Radiol.* 2012;67(11):e31-41. doi:10.1016/j.crad.2012.03.015.
- 22 Feuerstein IM, Zeman RK, Jaffe MH, Clark LR, David CL. Perirenal cobwebs: the expanding CT differential diagnosis. *J Comput Assist Tomogr.* 1984;8(6):1128-1130.
- 23 Kawasaki S, Aoki K, Hasegawa O, et al. Sonographic evaluation of visceral fat by measuring para- and perirenal fat. *J Clin Ultrasound.* 2008;36(3):129-133. doi:10.1002/jcu.20426.

- 24** Ratnayake CBB, Escott ABJ, Phillips ARJ, Windsor JA. The anatomy and physiology of the terminal thoracic duct and ostial valve in health and disease: potential implications for intervention. *J Anat.* 2018;233(1):1-14. doi:10.1111/joa.12811.
- 25** Russell PS, Hong J, Windsor JA, Itkin M, Phillips ARJ. Renal Lymphatics: Anatomy, Physiology, and Clinical Implications. *Front Physiol.* 2019;10:251. doi:10.3389/fphys.2019.00251.
- 26** Karmali RJ, Suami H, Wood CG, Karam JA. Lymphatic drainage in renal cell carcinoma: back to the basics. *BJU Int.* 2014;114(6):806-817. doi:10.1111/bju.12814.
- 27** Yassa NA, Peng M, Ralls PW. Perirenal lucency ("kidney sweat"): a new sign of renal failure. *AJR Am J Roentgenol.* 1999;173(4):1075-1077. doi:10.2214/ajr.173.4.10511182.
- 28** Haddad MC, Medawar WA, Hawary MM, Khoury NJ, Ammouri NF, Shabb NS. Perirenal fluid in renal parenchymal medical disease ('floating kidney'): clinical significance and sonographic grading. *Clin Radiol.* 2001;56(12):979-983. doi:10.1053/crad.2001.0631.
- 29** Mensel B, Kühn J-P, Kracht F, et al. Prevalence of renal cysts and association with risk factors in a general population: an MRI-based study. *Abdom Radiol (NY).* 2018;43(11):3068-3074. doi:10.1007/s00261-018-1565-5.

7 Definition der Observer

BM	Birger Mensel
JPK	Jens-Peter Kühn
AS	Annika Streufert
SV	Sophie Holdmann, geb. Vogel

8 Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
MRT	Magnetresonanztomografie
CT	Computertomografie
BMI	Body-Mass-Index
eGRF	geschätzte glomeruläre Filtrationsrate
MDRD	Modifikation of Diet in Renal Disease
OD	Odds Ratio
CI	Konfidenzintervall
ROI	region of interest
TIRM	turbo inversion recovery magnitude technique
FLASH	fast low angle shot
BLADE	bewegungskorrigierte MRT-Sequenz
IQR	Interquartilbereich

9 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1 Schematische Darstellung des Perirenalraums nach Coffin et al. ⁵	5
Abbildung 2 Retroperitoneale Räume und interfasziale Spalträume nach Aizenstein et al. ⁶	7
Abbildung 3 Septen des Perirenalraums aus "Radioanatomy of the retroperitoneal space" von Coffin et al. ⁵	9
Abbildung 4 Beispielbilder für die Einteilung perirenal Septenbildung ¹⁹	16
Abbildung 5 Beispielbild für die Messung des Peri- und des posterioren Pararenalraums an der linken Niere in T1-gewichteten FLASH Sequenzen ¹⁹ ...	17
Abbildung 6 Gegenüberstellung der perirenal Septenstadien zwischen Männern und Frauen ¹⁹	22
Abbildung 7 Gegenüberstellung der perirenal Septenstadien zwischen linker und rechter Niere ¹⁹	23
Abbildung 8 Aufstellung der perirenal Septenstadien nach Altersgruppen für die rechte Niere ¹⁹	24
Abbildung 9 Aufstellung der perirenal Septenstadien nach Altersgruppen für die linke Niere ¹⁹	24
Tabelle 1 Charakteristik der Studienteilnehmer ¹⁹	21
Tabelle 2 Zusammenhänge zwischen Risikofaktoren und perirenal Septen ¹⁹	26

10 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Die Dissertation ist bisher keiner anderen Fakultät, keiner anderen wissenschaftlichen Einrichtung vorgelegt worden.

Ich erkläre, dass ich bisher kein Promotionsverfahren erfolglos beendet habe und dass eine Aberkennung eines bereits erworbenen Doktorgrades nicht vorliegt.

02.10.2022

Sophie Holdmann, geb. Vogel

11 Danksagung

Gewidmet sei diese Arbeit meinen Eltern, Susanne und Holger Vogel, und meinen Großeltern Erika und Manfred Vogel, welche mir stets Vorbild und Unterstützung sind.

12 Thematische Publikation

Prevalence and risk factors of MRI-derived perirenal hyperintensities in the general population

Birger Mensel, Sophie Vogel, Annika Streufert, Jens-Peter Kühn, Henry Völzke, Wolfgang Lieb, Thomas Dabers, Roberto Lorbeer

Veröffentlich in: Abdominal radiology (NY). 2020. DOI: 10.1007/s00261-020-02569-5